



Standar Nasional Indonesia

SNI 05-3225-1992

**Sistem batas dan suaian
Inspeksi benda kerja sederhana**

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

0. PENDAHULUAN	1
1. RUANG LINGKUP	2
2. ATURAN UMUM INSPEKSI	2
2.1 Temperatur referensi dan gaya pengukuran	2
2.2 Arti batas ukur	2
2.3 Pelampauan batas	4
2.4 Pemilihan metode pemeriksa	4
3. KALIBRASI BATAS.....	6
3.1 Jenis kaliber	6
3.1.1 Kalibrasi batas digunakan untuk memeriksa benda kerja	6
3.1.2 Kalibrasi referensi atau blok ukur	6
3.2 Penerapan prinsip Taylor	6
3.3 Penyimpangan prinsip Taylor yang diijinkan	7
3.4 Penggunaan berbagai tipe kaliber batas	8
3.5 Gambaran umum rancangan kalibrasi batas	9
3.6 Bahan dan rincian lanjut kaliber	10
3.7 Definisi dan kalibrasi kaliber	10
3.7.1 Kaliber sumbat silinder	10
3.7.2 Kaliber sumbat bentuk bola, piringan dan tongkat	11
3.7.3 Kaliber cincin silindris	11
3.7.4 Kaliber celah	12
3.8 Metode pemakaian kaliber	14
3.8.1 Kaliber untuk lubang	14
3.8.1.1 Kaliber lolos	14
3.8.1.2 Kaliber tidak lolos	14
3.8.2 Kaliber untuk poros	15
3.8.2.1 Kaliber lolos	15
3.8.2.2 Kaliber tidak lolos	15

3.9 Toleransi dan keausan kaliber yang diijinkan	16
3.9.1 Lambang	16
3.9.2 Kaliber batas	16
3.9.2.1 Posisi daerah toleransi dan batas keausan	16
3.9.2.1.1 Batas tidak lolos benda kerja	16
3.9.2.1.2 Batas lolos benda kerja	17
3.9.2.2 Toleransi ukuran kaliber kerja	17
3.9.2.3 Toleransi bentuk kaliber kerja	18
3.9.2.4 Kaliber yang dapat diatur untuk ukuran di atas 180 mm	18
3.9.3 Piringan referensi untuk kaliber celah	18
3.9.3.1 Posisi daerah toleransi	18
3.9.3.1.2.1 Batas tidak lolos benda kerja	18
3.9.3.1.2.2 Batas lolos benda kerja	18
3.9.3.2 Toleransi ukuran piringan referensi	19
3.9.3.3 Toleransi bentuk piringan referensi	19
3.9.3.4 Hubungan antara toleransi	19
3.9.4 Cincin referensi dan kaliber sumbat	20
3.9.5 Kehalusan permukaan kaliber	20
3.10 Penyelesaian perselisihan	20
3.10.1 Pemeriksaan oleh pembuat	20
3.10.2 Pemeriksaan oleh pembeli	21
3.11 Pemberian tanda dan merk kaliber	21
4. ALAT PENGUKUR	22
4.1 Definisi	22
4.1.1 Ukuran sebenarnya	22
4.1.2 Kesalahan pengukuran	22
4.1.3 Kesalahan sistematis	23
4.1.4 Kesalahan acak	23
4.1.5 Harga rata-rata	23
4.1.6 Deviasi standar	23
4.2 Jenis alat ukur	23
4.3 Ketidakpastian pengukuran alat ukur	24
4.4 Ketidakpastian pengukuran total	25
4.5 Batas pemeriksaan	25
4.6 Pengaruh kesalahan bentuk	26

SISTIM BATAS DAN SUAIAI INSPEKSI BENDA KERJA SEDERHANA

0. PENDAHULUAN

Standar ini merupakan kelanjutan dari Standar Sistem Batas dan Suaian Bagian I, SNI 044-1981 termasuk informasi tentang toleransi keausannya merupakan suatu hal yang baru, apabila dikaitkan dengan pemilihan kaliber yang akan digunakan. Karena alasan-alasan praktis penyimpangan dari harga batas untuk tingkat 8 dan yang lebih rendah masih dapat diterima. Penyimpangan tersebut bila mungkin dapat dikurangi atau bahkan ditiadakan. Harga toleransi dan keausan yang berlaku saat ini untuk suatu kaliber harus dianggap sebagai harga maksimal.

Sejak berlakunya standar ini, tingkat toleransi ditulis dengan cara baru N6, N7 dan N8.

Pemberian tingkat toleransi tersebut dimaksudkan untuk membedakan dengan tingkat yang terdahulu 6, 7, dan 8, yaitu pada keausan yang lebih kecil yang memungkinkan dihapuskannya harga batas (y atau $y_1 - 0$).

Harga numerik yang diberikan dalam standar ini dinyatakan dalam berbagai bentuk tingkat yang ada dalam SNI 048/1-1981, oleh karena itu standar ini hanya berlaku untuk sistem toleransi. Semua perincian yang bersifat lebih umum masih boleh diterapkan sebagai suatu aturan pada sebarang sistem batas untuk benda kerja sederhana.

Sebagaimana dalam SNI 048/1-1981, harga-harga numerik pada dasarnya berkaitan dengan diameter yang tidak lebih dari 500 mm. Meskipun demikian harga tersebut dapat diterapkan pula pada benda kerja yang berdiameter lebih besar dari 500 mm, seperti yang disebutkan dalam butir 3 SNI 048/1-1981. Di samping itu bagian tersebut juga dimuat dalam Standar ini sebagai pelengkap terutama dimaksudkan untuk tujuan eksperimental.

1. RUANG LINGKUP

Standar ini berhubungan dengan pemeriksaan benda kerja sederhana. Standar ini menspesifikasikan pengertian yang harus diberikan pada batas dimensi pengujian, dan memberikan berbagai rincian penting mengenai kaliber batas dan alat ukur jenis indikator yang diperlukan untuk pemeriksaan toleransi menurut sistem standar ini.

2. ATURAN UMUM INSPEKSI

2.1 Temperatur referensi dan gaya pengukuran.

Standar referensi temperatur untuk pengukuran panjang dalam bidang industri (SNI 041-1981) menetapkan temperatur yang berlaku sebesar 20°C .

Pada temperatur tersebut dimensi benda kerja ditentukan alat ukurnya dan selanjutnya pengukuran dilaksanakan.

Bila suatu operasi pengukuran yang diselenggarakan dengan gaya pengukuran selain nol, maka hasil pengukuran tersebut harus dikoreksi. Koreksi ini tidak diperlukan pada pengukuran pembandingan bila pengukuran dilakukan dengan alat pembandingan yang sama, gaya ukur pembandingan yang sama antara elemen sejenis yang dibuat dari bahan yang identik, dan kekasaran permukaan yang identik pula.

2.2 Arti batas ukur (Prinsip Taylor)

Untuk menjamin sejauh yang dapat dipraktekan, agar persvaratan fungsional sistem batas dan suaian dapat dipertahankan, batas ukur harus diartikan seperti berikut ini (dalam ukuran panjang yang dimaksud).

Lubang adalah diameter terbesar dari suatu silinder imajiner yang sempurna, yang dapat dilukiskan dalam lubang hingga menyentuh titik-titik permukaan terjauh.

Harga tersebut tidak boleh lebih kecil dari pada batas ukur lolos. Di samping itu diameter maksimal pada sebarang posisi

dalam lubang tidak boleh lebih besar dari pada batas ukur tidak lolos.

Poros adalah diameter yang terkecil dari suatu silinder imajiner yang sempurna, yang dapat dilingkupkan pada poros sedemikian rupa sehingga tepat menyentuh titik-titik permukaan tertinggi. Harga tersebut tidak lebih besar dari batas ukur lolos. Di samping itu diameter minimum pada sebarang posisi pada poros tidak boleh kecil dari pada batas ukur tidak lolos.

Kedua pengertian di atas menyatakan, bahwa bila ukuran setiap posisi pengukuran pada lubang atau poros tersebut bulat dan lurus sempurna.

Kecuali dinyatakan lain dan bergantung pada persyaratan di atas, penyimpangan dari kebulatan dan kelurusan boleh mencapai harga toleransi diametral yang maksimal seperti yang dispesifikasikan. Kesalahan bentuk ekstrim dalam praktek yang dijumpai yang diijinkan dalam pengertian ini digambarkan pada Gambar 1 dan 2.

Pengertian batas ukuran di atas dihasilkan dari "Prinsip Taylor" (diambil dari nama W. Taylor yang telah menerapkan prinsip tersebut pertama kali dalam tahun 1905).

Prinsip ini didasarkan pada penggunaan sistem kaliber batas secara tepat untuk keperluan inspeksi poros dan lubang.

Menurut prinsip ini suatu lubang harus dapat dipasangkan sepenuhnya dengan suatu kaliber sumbat silindris lolos yang dibuat untuk menentukan batas lolos lubang tersebut. Panjang kaliber tersebut minimal sama dengan panjang kontrak antar lubang dan poros. Di samping itu lubang diukur atau dikaliber untuk memeriksa apakah diameter maksimalnya tidak lebih besar dari batas tidak lolos. Poros harus dapat dipasangkan sepenuhnya dengan kaliber cincin yang dibuat sesuai dengan batas lolos poros.

Panjang kaliber tersebut minimal sama dengan panjang kontak antara lubang dan poros. Akhirnya poros diukur atau dikaliber untuk memeriksa apakah diameter minimalnya tidak lebih kecil dari pada batas tidak lolos.

Dalam hal-hal tertentu kesalahan bentuk maksimal yang diijinkan oleh pengertian di atas dapat menjadi sangat besar agar bagian yang dirakit berfungsi secara memadai. Dalam hal ini toleransi bentuk harus diberikan secara terpisah.

2.3 Pelampauan batas

Batas ukuran yang tersebut di atas adalah yang dispesifikasikan dalam SNI 048/1:1981. Tetapi dengan mempertimbangkan teknik pembuatan kaliber yang ada pada saat ini, toleransi pembuatan dan keausan kaliber batas adalah sedemikian sehingga batas dimensi tingkat 6 sampai 8 yang dispesifikasikan, dalam beberapa hal boleh dilampaui (batas y atau y_1 lihat butir 3.9.2.1).

Dalam hal ini bila benda kerja pada waktu pembuatannya diperiksa dengan menggunakan alat ukur jenis indikator sebagai pengganti pengukur batas, maka pembuatan dapat mempertimbangkan harga batas y atau y_1 seperti pada kaliber agar dapat ditetapkan prinsip penerimaan yang seragam.

Jika pemeriksaan dilaksanakan tanpa suatu batas (y atau $y_1=0$) untuk derajat 6 sampai 8 yang biasanya memerlukan batas, maka harus dinyatakan secara tegas dengan menuliskan huruf N sebelum angka derajat¹⁾.

2.4 Pemilihan metode pemeriksaan

Benda kerja dapat diperiksa baik dengan kaliber batas yang tetap atau dengan alat ukur jenis indikator.

Kedua metode tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan, yang penting diketahui sebelum memilih salah satu dari keduanya.

1) Pemberian tanda untuk derajat sebelumnya, dengan batas, tetap tidak berubah namun demikian diijinkan untuk menunjukkan perbedaan secara lebih jelas dengan menuliskan huruf A sebelum angka derajatnya.

Sistem kaliber batas dirancang dengan kesesuaian yang tepat dengan prinsip Taylor. Prinsip ini dapat memeriksa bentuk geometris dan ukuran benda kerja.

Untuk alasan praktis penyimpangan dari prinsip tersebut diperbolehkan, seperti dinyatakan dalam butir 3.3, sehingga pemeriksaan mungkin tidak memuaskan seperti apa yang diharapkan secara teoritis.

Selanjutnya bila kaliber itu sendiri mempunyai kesalahan bentuk dan ukuran, diperlukan toleransi pembuatan dan keausan yang akan mengurangi jumlah (besarnya) toleransi yang masih tersedia untuk benda kerja.

Alat ukur jenis indikator dapat menunjukkan ukuran benda kerja hanya pada posisi pengukuran. Pemeriksaan geometris memerlukan pengukuran terpisah yang hasilnya secara teoritis, harus dikaitkan dengan hasil pengukuran dimensi. Prosedur yang berbelit-belit ini sebenarnya tidak perlu apabila cukup yakin akan ketelitian dalam pembuatan, sehingga kesalahan bentuk yang terjadi secara praktis dapat diabaikan. Kelebihan penggunaan alat ukur jenis indikator ini adalah pada pengukuran benda kerja yang mempunyai toleransi sangat kecil, tidak mengurangi besar toleransi yang masih tersedia pada benda kerja tersebut. Pemakaian alat ukur jenis indikator ini memungkinkan pemeriksaan contoh uji mampu memberikan peringatan, bila ukuran benda kerja mendekati salah satu batas pada proses pembuatan produksi yang kontinu.

Untuk mencegah perselisihan, dianjurkan agar jenis inspeksi yang dipakai untuk penerimaan ditentukan pada saat pemesanan. Jika tidak dinyatakan secara jelas, maka suatu benda kerja harus dianggap baik, jika pembuat dapat membuktikan bahwa benda kerja memang dinyatakan dalam keadaan baik, dengan menggunakan jenis metode pemeriksaan yang dipilih si pembuat, sesuai dengan standar yang berlaku.

3. KALIBRASI BATAS

3.1 Jenis kaliber

3.1.1 Kaliber batas digunakan untuk memeriksa benda kerja.

Untuk memeriksa diameter dalam, dapat digunakan kaliber sebagai berikut (lihat Gambar 3 dan 4)

- kaliber sumbat
- kaliber sumbat bentuk bola atau kaliber piringan penuh
- kaliber batang silindris segmental
- Kaliber sumbat bentuk bola segmental
- kaliber batang silindris segmental dengan muka ukur tereduksi
- kaliber tongkat dengan ujung-ujung bentuk bola.

Untuk memeriksa diameter luar dapat digunakan kaliber sebagai berikut:

- kaliber cincin silindris penuh
- kaliber celah

3.1.2 Kaliber referensi atau blok ukur dapat dipakai untuk memeriksa atau mengatur kaliber batas :

- (1) Kaliber referensi dapat merupakan piringan-piringan referensi untuk menyetel kaliber celah, atau cincin silinder atau kaliber sumbat yang digunakan untuk mengkalibrasikan kaliber atau alat ukur indikator.
- (2) Blok ukur adalah standar panjang dengan bagian ujung mempunyai permukaan berupa bidang datar yang sejajar dan digunakan untuk mengkalibrasi kaliber atau alat ukur jenis indikator.

3.2. Penerapan Prinsip Taylor

Kecuali untuk deviasi yang diijinkan (lihat butir 3.3) penerapan prinsip Taylor yang ketat dapat digunakan:

1) Untuk memeriksa batas lolos benda kerja :

kaliber sumbat atau kaliber cincin berdiameter batas lolos yang tepat dan panjang yang sama dengan panjang benda kerja (atau panjang bagian yang bergabung dari sebuah suai-

an).

2) Untuk memeriksa batas tidak lolos:

kaliber yang menyentuh permukaan benda kerja hanya pada dua titik yang berlawanan secara diametral mempunyai diameter yang tepat sama dengan batas tidak lolos.

Kaliber lolos harus dapat dipasangkan dengan sempurna pada benda kerja yang diperiksa. Kaliber tidak lolos harus tidak dapat lewat atau masuk pada benda kerja dalam sebarang sisi yang berurutan pada berbagai arah diametral sepanjang benda kerja.

3.3 Penyimpangan prinsip Taylor yang diijinkan.

Karena penerapan prinsip Taylor tidak selalu diwajibkan secara ketat dan agar tidak menimbulkan kesulitan dalam penggunaan kaliber, maka penyimpangan tertentu masih dapat diijinkan (lihat butir 3.4).

Pada kaliber batas lolos bentuk penuh tidak selalu diperlukan. Contoh :

- 1) Panjang kaliber lolos bentuk sumbat silindris atau kaliber cincin boleh lebih kecil dari panjang bagian yang dipasangkan bila diketahui dalam proses pembuatannya kesalahan kelurusan lubang atau poros sangat kecil sehingga tidak mempengaruhi karakteristik suaian dari rakitan benda kerja. Penyimpangan seperti ini memungkinkan penggunaan blok ukur.
- 2) Untuk memeriksa lubang besar, kaliber sumbat lolos bentuk silindris mungkin terlalu berat, hingga diijinkan memakai batang segmen silindris atau kaliber bentuk bola, asalkan dalam proses pembuatannya, kesalahan kebulatan atau kelurusan lubang sangat kecil sehingga tidak mempengaruhi karakteristik suaian rakitan benda kerja.
- 3) Kaliber lolos bentuk cincin silindris sering kurang praktis bila digunakan untuk memeriksa poros dan dapat diganti dengan kaliber celah apabila diketahui dalam proses pembuatannya kesalahan bulatan (khususnya "lobing") dan kesalahan kelurusan poros sangat kecil sehingga tidak mempengaruhi

karakteristik suaian rakitan benda kerja. Kelurusan poros panjang yang mempunyai diameter kecil harus diperiksa tersendiri.

Pada kaliber batas tidak lolos, alat-pemeriksa-dua-titik tidak selalu diperlukan.

Contoh:

- 1) Titik-titik kontak cenderung aus dengan cepat, dan dapat diganti dengan permukaan datar, permukaan silindris atau bola.
- 2) Untuk memeriksa lubang yang sangat kecil, alat pemeriksa dua titik sukar dirancang dan dibuat. Dalam hal ini dapat dipakai kaliber sumbat tidak lolos silindris penuh, tetapi pemakai harus mengetahui bahwa ada kemungkinan untuk menerima benda kerja yang mempunyai diameter di luar batas tidak lolos.
- 3) Benda kerja yang tidak kokoh dapat berubah bentuk menjadi lonjong oleh alat pemeriksa dua titik kontak mekanis yang dioperasikan di bawah gaya tekan tertentu.

Apabila tidak mungkin memperkecil gaya tekan sehingga mendekati nol, maka perlu memakai kaliber cincin tidak lolos atau kaliber sumbat silindris penuh.

Jenis benda kerja yang berdinding tipis kemungkinan menjadi tidak bulat (akibat tegangan dalam atau perlakuan panas).

Dalam hal ini batas tidak lolos mempunyai arti bahwa keliling silinder yang berkaitan dengan batas tersebut tidak boleh dilampaui. Karenanya, kaliber tidak lolos silindris penuh harus dipakai dengan memberi gaya yang memadai untuk mengubah deformasi elastis menjadi lingkaran tanpa menarik ataupun menekan dinding benda kerja. Dengan demikian, ukuran kaliber tidak dapat dibuat tepat pada batas benda kerja yang sesuai; tetapi harus dibuat dengan toleransi tertentu.

3.4 Penggunaan berbagai tipe kaliber batas

Memperhatikan penjelasan di atas, maka jenis-jenis kaliber

yang direkomendasikan untuk berbagai jangkauan diameter nominal benda kerja adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar-5 dan 6, sedangkan arti lambang yang dipergunakan ditunjukkan pada Gambar-3 dan 4.

3.5 Gambaran umum rancangan kaliber batas

Tidak ada rekomendasi yang diberikan untuk rancangan pembuatan kaliber secara terinci; hal ini diserahkan kepada inisiatif pembuat kaliber. Macam-macam bentuk kaliber dapat dilihat pada Gambar-3 dan 4. Macam-macam kaliber yang direkomendasikan untuk berbagai jangkauan diameter nominal benda kerja ditunjukkan pada Gambar-5 dan 6.

Arti dari lambang yang dipakai dari Gambar-5 dan 6 diberikan pada Gambar-3 dan 4.

Kaliber sumbat bentuk silinder penuh (Gambar-3A) mempunyai muka ukur berbentuk silinder luar. Cara pemasangan kaliber pada pemegang tidak boleh mempengaruhi ukuran dan bentuk kaliber misalnya jangan sampai menimbulkan tegangan yang tidak diinginkan. Pinggulan pada ujung pengarah kaliber direkomendasikan sebagai pengarah untuk mempermudah pemasukan kaliber ke dalam lubang benda kerja.

Kaliber sumbat bentuk bola penuh atau kaliber piringan (Gambar 3B) mempunyai muka ukur berbentuk bola. Dua segmen yang sama besar dipotong oleh bidang-bidang datar yang tegak lurus terhadap sumbu pemegang.

Kaliber batang silindris dengan segmental (Gambar-3C) mempunyai muka ukur berbentuk silinder luar dan dua segmen aksial dikurangi (Gambar-3C-i) atau dibuang (Gambar-3C-ii). Kaliber ini ada yang mempunyai muka ukur tereduksi (Gambar-3E).

Kaliber sumbat bola segmental (Gambar-3D) serupa dengan kaliber yang ditunjukkan dalam Gambar-3B, tetapi mempunyai dua segmen sama besar yang dipotong oleh bidang datar sejajar dengan sumbu pemegang di samping segmen-segmen yang dipotong oleh bidang datar yang tegak lurus sumbu pemegang.

Kaliber batang silindris segmental dengan muka ukur tereduksi

(Gambar-3E) serupa dengan kaliber yang ditunjukkan dalam Gambar-3C, tetapi mempunyai muka ukur tereduksi dalam suatu bidang datar yang sejajar dengan sumbu pemegang.

Kaliber tongkat dengan ujung-ujung bentuk bola (Gambar-3F) mempunyai ujung-ujung bentuk bola dengan radius tidak lebih dari pada setengah panjang kaliber. Kaliber tongkat ini dapat bersifat tetap atau dapat diatur.

Kaliber cincin silindris penuh (Gambar-4A) mempunyai muka ukur berbentuk silinder dalam. Dinding kaliber ini harus cukup tebal untuk menghindari deformasi yang mungkin timbul karena pemakaian secara normal.

Kaliber celah (Gambar-4B) sesuai dengan fungsinya, mempunyai muka ukur datar dan sejajar atau satu muka datar sedang muka lainnya silindris atau bentuk bola atau dua muka silindris yang sejajar terhadap sumbu poros yang diukur.

Celah lolos dan tidak lolos terletak pada sisi yang sama. Kaliber celah ini dapat bersifat tetap atau dapat diatur.

3.6 Bahan dan rincian lanjut kaliber

Permukaan kalibrasi harus terbuat dari bahan yang tahan aus, seperti baja yang dikeraskan, pelapisan keras kromium dengan ketebalan paling sedikit sama dengan daerah aus kaliber, atau tungsten karbit.

Dianjurkan agar sedapat mungkin kaliber diisolasi untuk mencegah perambatan panas dari tangan pemakai, bila hal ini dapat mempengaruhi ketelitian pengukuran.

Kaliber celah tidak lolos harus diberi tanda semacam alur atau warna merah atau tanda lainnya yang mudah dilihat dengan perbedaan panjang muka ukur. Identifikasi ini tidak perlu bila sisi tidak lolos tersebut jelas terlihat bedanya seperti kaliber celah tidak lolos dan lolos jenis mutakhir.

3.7 Definisi dan kalibrasi kaliber

3.7.1 Kaliber sumbat silinder

Diameter kalibrasi harus diukur di antara suatu bidang datar

dan landasan berujung bentuk bola atau diantara dua landasan yang bermuka datar. Harga yang terukur harus dikoreksi terhadap deformasi permukaan pada saat kontak karena adanya gaya pengukuran (diameter kaliber diukur dengan gaya pengukur sama dengan nol).

Diameter harus diukur paling sedikit pada 4 posisi yang berbeda untuk menghindari kesalahan.

Semua harga pengukuran diameter di atas harus berada dalam batas ukur tertentu, dan beda harga minimum dan maksimumnya tidak boleh melebihi toleransi kaliber tersebut (lihat butir 3.9.2.3).

Bila kebulatan permukaan diragukan, maka pengukuran harus dilakukan dengan pengukuran tiga titik atau pengukuran kebulatan.

3.7.2 Kaliber sumbat bentuk bola, piringan dan tongkat

Diameter bagian bentuk bola harus diukur di antara dua bidang datar sejajar, bidang datar ini cukup sempit (misalnya diameter permukaan ujung yang datar pada suatu alat ukur hanya 5 mm).

Harga yang terukur harus dikoreksi terhadap deformasi permukaan kontak, karena adanya gaya pengukuran (diameter kaliber diukur dengan gaya pengukuran sama dengan nol).

Diameter harus diukur paling sedikit pada 4 posisi yang berbeda untuk menghindari kesalahan. Semua harga pengukuran harus berada dalam batas ukur tertentu, dan perbedaan antara harga minimum dan maksimumnya tidak boleh melebihi toleransi kaliber tersebut (lihat butir 3.9.2.3). Bila kebulatan permukaan diragukan maka harus diperiksa dengan pengukuran tiga titik atau pengukuran kebulatan.

3.7.3 Kaliber cincin silindris

Diameter kaliber harus diukur dengan bantuan dua buah landasan masing-masing dengan ujung bentuk bola yang diletakan dalam suatu bidang datar normal ke poros kaliber cincin silindris tersebut. Pada saat menggerakkan alat pengukur ini di atas bidang datar tersebut, maka jarak terjauh antara

kedua landasan merupakan diameter kaliber.

Harga yang terukur harus dikoreksi terhadap deformasi permukaan kontak karena adanya gaya pengukuran sama dengan nol. Diameter harus diukur paling sedikit pada 4 posisi yang berbeda untuk menghindari kesalahan. Semua harga pengukuran harus berada dalam batas ukur tertentu, dan perbedaan antara harga minimal dan harga maksimalnya, tidak boleh melebihi toleransi kaliber tersebut (lihat butir 3.9.2.3). Bila kebulatan permukaan diragukan, maka harus diperiksa dengan pengukuran tiga titik atau pengukuran kebulatan.

3.7.4 Kaliber celah

Ukuran sebenarnya suatu celah ditentukan sebagai jarak tegak lurus antara permukaan kaliber, bila tidak ada gaya yang bekerja pada kaliber.

Ukuran kerja kaliber celah ditentukan sebagai diameter suatu piringan referensi, dimana kaliber celah tepat lolos ke arah vertikal di bawah beban kerja pada tanda yang sudah ditentukan, atau apabila tanda tidak ditentukan di bawah beratnya sendiri.

Terlebih dahulu, piringan referensi harus dilapisi pelumas dari 'petroleum jelly' dan kemudian dikeringkan (dilap) dengan hati-hati dan jangan digesek.

Kemudian permukaan kaliber celah harus dibersihkan. Kaliber celah harus menggelincir di atas piringan referensi setelah digeser dengan hati-hati untuk kemudian berhenti pada posisi kontak dengan piringan referensi dan kemudian dibebaskan lagi. Jadi gaya enersia dapat dihindari.

Untuk kaliber celah yang lebih berat, dianjurkan agar beban kerja harus lebih kecil dibandingkan berat kaliber, sehingga ukuran kerja dapat ditentukan dengan lebih cermat. Untuk kaliber ukuran nominal 100 mm ke atas, posisi pengimbang gaya berat kaliber harus ditandai (lihat Gambar 7), sedang besar gaya pengimbang harus lebih kecil daripada berat kaliber.

Ukuran kerja kaliber celah tidak ditentukan dengan gaya pengukuran sama dengan nol, seperti pada definisi lainnya karena ukuran piringan referensi ditentukan dengan gaya pengukuran nol, dan kaliber celah dapat dianggap sebagai pembanding (pada batas khusus) ukuran piringan referensi pada benda kerja.

Dalam praktek piringan referensi dapat digunakan langsung sebagai pengganti kaliber celah, bila piringan referensi dan kaliber celah disediakan bersama-sama dan kaliber celah telah disesuaikan dengan piringan referensi tersebut.

Dalam hal lain, dua prosedur alternatif direkomendasikan sebagai berikut :

- 1). Tentukan beban berurutan agar kaliber celah dapat melewati dua piringan referensi dengan diameter yang berbeda-beda, dalam kondisi sebagaimana dinyatakan pada definisi ukuran kerja. Perbedaan pada dua beban ini diambil sebagai dasar perhitungan ukuran kerja kaliber celah pada beban kerjanya.
- 2). Ambil piringan referensi dengan diameter yang lebih kecil²⁾ dari pada ukuran kaliber celah terkecil yang diinginkan. Letakkan blok ukur dengan cermat pada muka ukur suatu kaliber celah, bila mungkin didistribusikan secara merata sehingga dalam satu hal jumlah diameter piringan referensi dan blok ukur sama dengan ukuran kerja terkecil yang diinginkan dan dalam hal lain pada ukuran kerja terbesar yang diijinkan untuk kaliber celah³⁾.

Dalam hal pertama kaliber celah harus tepat melewati piringan referensi dan dalam hal kedua kaliber celah tidak boleh

2) Untuk kaliber celah sampai dengan 100 mm dianjurkan membuat diameter piringan 5 mm lebih kecil daripada ukuran nominal dan untuk kaliber celah di atas 100 mm, 10 mm lebih kecil daripada ukuran nominal.

3) Piringan referensi yang dibuat pada ukuran-ukuran terendah dan tertinggi yang diijinkan boleh dipakai.

melewati piringan referensi dalam kondisi sebagaimana dinyatakan pada definisi ukuran kerja.

Bila terjadi hal-hal yang meragukan, maka metode (2) dipergunakan untuk memutuskan keraguan tersebut.

Bila kaliber celah dipergunakan pada posisi mendatar, dengan sumbu benda kerja vertikal, ukuran kerjanya ditentukan sebagai ukuran terbesar piringan referensi atau ukur kombinasi blok ukur, dimana piringan referensi dan blok ukur tersebut dapat digerakkan hanya dengan tangan tanpa gaya yang berlebihan.

Perbedaan antara ukuran kerja dan ukuran kaliber celah yang sebenarnya adalah sama dengan jumlah tertentu dimana kaliber mengalami deformasi karena pembebanan selama pengukuran benda kerja. Desain kaliber celah dalam hubungannya dengan berat kaliber harus sekecil mungkin agar diperoleh selisih ukuran sekecil mungkin.

3.8 Metode pemakaian kaliber

Pernyataan berikut ini sehubungan dengan pemakaian umum kaliber di bengkel-bengkel.

3.8.1 Kaliber untuk lubang

3.8.1.1 Kaliber lolos

Kaliber sumbat lolos silindris harus memasuki lubang secara penuh bila digunakan dengan tangan tanpa menggunakan gaya yang berlebihan, dan pemeriksaan dilakukan sepanjang lubang.

Bila memeriksa benda-benda yang tidak kokoh seperti bagian-bagian berdinding tipis, maka pemberian gaya yang terlalu besar akan memperluas garis tengah lubang. Kaliber lolos segmental harus digunakan pada lubang paling sedikit pada dua atau tiga bidang datar aksial yang didistribusikan secara merata pada seluruh keliling benda kerja.

3.8.1.2 Kaliber tidak lolos

Kaliber sumbat silindris tidak lolos tidak boleh masuk lubang bila digunakan dengan tangan tanpa gaya yang ber-

lebih. Bila mungkin lubang harus diperiksa dari kedua ujungnya.

Kaliber tidak lolos dengan permukaan ukur bentuk bola harus ditempatkan pada lubang dengan posisi sumbu pemegang tidak segaris dengan sumbu lubang. Bila kedua sumbu dibuat segaris maka kaliber tersebut tidak boleh lolos melalui lubang tersebut tanpa gaya yang berlebihan. Pemeriksaan ini harus dilaksanakan tidak kurang dari empat kali untuk berbagai posisi yang berbeda di seluruh silinder lubang.

3.8.2 Kaliber untuk poros

3.8.2.1 Kaliber lolos

Kaliber celah lolos harus tepat melewati diameter poros mendatar karena beratnya sendiri atau dengan gaya sebagaimana dinyatakan pada kaliber tersebut (lihat butir 3.7.4).

Kaliber celah lolos harus tepat melewati diameter tegak bila dioperasikan dengan tangan tanpa menggunakan gaya yang berlebihan. Dianjurkan agar piringan referensi yang sesuai juga digunakan untuk mengukur gaya pengukuran yang bekerja.

Pengujian di atas harus dilaksanakan tidak kurang dari empat kali pada berbagai posisi yang berbeda disekeliling dan sepanjang poros.

Kaliber cincin silindris lolos harus tepat melewati seluruh panjang poros, bila dioperasikan dengan tangan tanpa gaya yang berlebihan.

3.8.2.2 Kaliber tidak lolos.

Kaliber celah tidak lolos harus tidak boleh melewati poros mendatar karena beratnya sendiri atau oleh gaya sebagaimana dinyatakan pada kaliber tersebut (lihat butir 3.7.4).

Kaliber celah tidak lolos harus tidak boleh melewati poros tegak, bila dioperasikan dengan tangan tanpa gaya yang berlebihan.

Pemeriksaan diatas harus dilaksanakan tidak kurang dari empat kali pada berbagai posisi yang berbeda disekeliling

dan sepanjang poros.

3.9 Toleransi dan keausan kaliber yang diijinkan

3.9.1 L a m b a n g

Lambang yang digunakan dalam standar ini adalah:

D = diameter nominal benda kerja, dalam milimeter

H = toleransi kaliber sumbat silindris atau kaliber batang silindris.

H_s = toleransi kaliber bentuk bola.

H_i = toleransi kaliber untuk poros.

H_p = toleransi piringan referensi atau kaliber celah.

y = batas, di luar batas lolos benda kerja, batas keausan kaliber untuk lubang.

y_1 = batas, di luar batas lolos benda kerja, batas keausan kaliber untuk poros

z = jarak antara pusat daerah toleransi kaliber lolos (keadaan baru) dan batas lolos benda kerja bentuk lubang

z_1 = jarak antara pusat daerah toleransi kaliber lolos (keadaan baru) dan batas lolos benda kerja bentuk poros

α = daerah aman yang tersedia untuk mengkompensasi ketidakjelasan pengukuran kaliber untuk lubang dengan diameter nominal lebih atau di atas 180 mm

α_1 = daerah aman yang tersedia untuk mengkompensasi ketidakjelasan pengukuran kaliber poros dengan diameter nominal lebih atau di atas 180 mm.

y' dan y''_1 = perbedaan dalam nilai absolut antara y dan α ; y_1 dan α_1 ,

3.9.2 Kaliber batas

3.9.2.1 Posisi daerah toleransi dan batas keausan dalam hubungannya dengan batas benda kerja (lihat Gambar- 9).

3.9.2.1.1 Batas tidak lolos benda kerja

Daerah toleransi untuk kaliber tidak lolos (keadaan baru) bagi ukuran nominal sampai dengan 180 mm adalah simetris terhadap batas tidak lolos. Untuk ukuran di atas 180 mm, daerah toleransi untuk kaliber tidak lolos berjarak α dan α_1 dari batas tidak lolos.

3.9.2.1.2 Batas lolos benda kerja

Umur menggunakan kaliber lolos didapat dengan dua cara:

- 1). Dengan menggeser daerah toleransi sebuah kaliber lolos (keadaan baru) di dalam toleransi benda kerja, sebanyak z atau z_1 .
- 2). Dengan memberikan toleransi keausan pada kaliber lolos di luar batas lolos benda kerja sejumlah y atau y_1 , bila harga ini tidak sama dengan nol.

Dalam jangkauan ukuran diameter nominal di atas 180 mm, harga-harga y dan y_1 diperkecil sebanyak daerah aman masing-masing α dan α_1 , sehingga dalam hal ini keausan nyata dari kaliber lolos terbatas masing-masing sebesar y' dan y'_1 di luar batas lolos benda kerja (atau sebesar α dan α_1 dalam batas ini bila y dan y_1 sama dengan nol).

Harga batas y dan y_1 telah diambil sekecil mungkin agar mengurangi resiko bahwa benda kerja yang berukuran di luar batas lolos yang ditentukan menjadi diterima.

Oleh karena itu batas ini disediakan hanya untuk benda kerja yang bertoleransi kecil yaitu tingkat 6 sampai 8, untuk ukuran nominal sampai 500 mm.

Penghapusan batas ini masih dimungkinkan dikaitkan dengan perkembangan dari kaliber yang keausannya rendah dan dengan harga yang murah.

Pemeriksaan tanpa batas y dan y_1 hingga saat ini diijinkan bila telah dispesifikasikan secara jelas.

Untuk menghindari kesalahan, maka toleransi benda kerja harus ditandai secara konvensional dengan menambahkan huruf N pada penandaannya (misalnya H10N6, G15N7, F20N8).

Dalam jangkauan ukur diameter nominal di atas 180 mm, toleransi benda kerja telah diperkecil pada batas lolos, (sebesar batas y atau y_1) dan batas tidak lolos, sebesar daerah aman α dan α_1 .

Pembuat dan pemakai tidak boleh lupa bahwa karena kesalahan pengukuran, ukuran benda kerja yang berada di luar batas kaliber dapat dicapai yaitu sebesar daerah aman

α dan α_1 , serta batas ekstrem benda kerja sebesar y dan y_1 .

3.9.2.2 Toleransi ukuran kaliber kerja

Toleransi ukuran kaliber kerja didasarkan pada toleransi dasar tingkat 1 sampai 7 seperti pada Tabel I.

Harga-harga α , y , z dan seterusnya untuk kaliber diberikan dalam Tabel II dan II A.

3.9.2.3 Toleransi bentuk kaliber kerja

Toleransi bentuk kaliber kerja didasarkan pada Toleransi dasar tingkat 1 sampai 5, diberikan dalam Tabel I.

3.9.2.4 Kaliber yang dapat diatur untuk ukuran di atas 180 mm.

Kaliber lolos (keadaan baru) boleh diatur untuk sebarang harga yang diinginkan di dalam batas α dan z atau α_1 dan z_1 bergantung pada harga keausan yang diijinkan.

Pelanggaran dari batas lolos benda kerja dapat dengan mudah dihindarkan dengan cara mengatur sebuah kaliber lolos (keadaan baru) di dalam batas z atau z_1 dan dengan mengaturnya kembali pada batas yang sama segera setelah keausan yang mengakibatkan ukurannya mencapai ukuran batas lolos benda kerja dengan penggeseran α dan α_1 ke arah dalam.

Dianjurkan untuk mengatur kaliber tidak lolos pada batas ukuran tidak lolos benda kerja dengan penggeseran sebesar α atau α_1 ke arah dalam.

3.9.3 Piringan referensi untuk kaliber celah

3.9.3.1 Posisi daerah toleransi terhadap batas-batas benda kerja (lihat Gambar-9)

3.9.3.1.1 Batas tidak lolos benda kerja

Untuk ukuran nominal sampai dengan 180 mm daerah toleransi piringan referensi adalah simetris terhadap batas tidak lolos.

Untuk ukuran di atas 180 mm, daerah toleransi adalah simetris terhadap garis yang terletak di dalam toleransi benda kerja sejarak α , dari batas tidak lolos.

3.9.3.1.2 Batas lolos benda kerja

Daerah toleransi piringan referensi untuk kaliber celah

adalah simetris terhadap harga z_1 . Daerah toleransi piringan referensi untuk memeriksa keausan, ditentukan sebagai berikut:

- 1). Benda kerja yang berukuran nominal sampai 180 mm:
Untuk tingkat toleransi 6 sampai 8 daerah toleransi piringan referensi adalah simetris terhadap y_1 .
Untuk tingkat toleransi 9 sampai 16, y_1 adalah nol dan karenanya daerah toleransi piringan referensi adalah simetris terhadap batas lolos benda kerja.
- 2). Benda kerja yang berukuran nominal di atas 180 mm.
Untuk tingkat toleransi 6 sampai 8 daerah toleransi piringan referensi adalah simetris terhadap harga y'_1 ($y'_1 = y_1 - \alpha_1$)
Untuk tingkat toleransi 9 sampai 16, y_1 adalah nol. Oleh karena itu daerah toleransi piringan referensi adalah simetris terhadap harga α_1 di dalam batas lolos benda kerja.

3.9.3.2 Toleransi ukuran piringan referensi

Toleransi ukuran piringan referensi didasarkan pada tingkat toleransi dasar 1 sampai 3 yang diberikan pada Tabel II.

Harga-harga α_1 , y_1 , y'_1 , z_1 dan seterusnya untuk piringan referensi diberikan pada Tabel II dan IIA.

3.9.3.3 Toleransi bentuk piringan referensi

Toleransi bentuk piringan referensi didasarkan pada tingkat toleransi dasar 1 sampai 2 yang diberikan pada Tabel II.

3.9.3.4 Hubungan antara toleransi pada kaliber celah dan piringan referensinya.

Hubungan antara toleransi H_1 dari kaliber celah dan toleransi H_p dari piringan referensinya adalah sebagai berikut: H_1 menentukan harga batas dari ukuran kerja sebuah kaliber celah (lihat butir 3.7.4).

Perbedaan antara batas ukur yang diberikan oleh H_1 untuk kaliber celah dan H_p untuk piringan referensi merupakan

daerah aman pada kedua pihak dari Hp untuk mengimbangi kesalahan pengukuran, seperti halnya α dan $\alpha.1$ untuk mengimbangi kesalahan pengukuran pada benda kerja yang berdiameter di atas 180 mm. Oleh karena itu H1 dan Hp simetris (lihat Gambar-8). Dengan demikian menurut definisi ukuran kerja, bila kaliber celah terletak di luar daerah Hp tetapi di dalam daerah H1 harus dianggap benar.

3.9.4 Cincin referensi dan kaliber sumbat untuk penyetelan alat ukur

Kaliber harus dibuat dengan toleransi ukuran dan bentuk yang sama dengan toleransi pada piringan referensi.

Toleransi ukuran diletakkan secara bilateral terhadap batas pengujian yang sesuai dengan batas kerja.

Ukuran setiap kaliber harus ditentukan dan diameternya ditengah-tengah kaliber; bidang aksial pada mana diameter ini berada dan ukuran yang terukur pada kaliber harus dituliskan pada ujung bagian muka kaliber.

3.9.5 Kehalusan permukaan kaliber

Dianjurkan agar deviasi rata-rata Ra untuk kekasaran permukaan kaliber tidak boleh melebihi 10% dari toleransi ukuran kaliber yang bersangkutan, dengan harga batas maksimal sebesar 0,2 μ m (8 μ inci)

3.10 Penyelesaian perselisihan

Pemeriksaan benda kerja dengan kaliber batas yang memenuhi persyaratan harus berlaku untuk penerimaan, dan benda kerja harus diterima bila hasil pemeriksaan dinyatakan memuaskan, kecuali ada persyaratan lain yang dengan jelas dispesifikasikan.

Untuk menghindari perselisihan yang membutuhkan pengujian kesesuaian kaliber sipembuat, prosedur di bawah ini dianjurkan dalam penggunaan kaliber oleh pembuat dan pembeli.

3.10.1 Pemeriksaan oleh pembuat

Biasanya bagian pengujian yang memeriksa benda kerja yang dibuat di pabrik dapat menggunakan kaliber sejenis yang

dipakai di pabrik. Untuk menghindari perbedaan antara hasil pemeriksaan yang diperoleh pada dan bagian pengujian, dianjurkan pabrik tersebut memakai kaliber lolos yang baru atau yang baru sedikit keausannya, sedangkan bagian pengujian memakai kaliber lolos yang mempunyai ukuran lebih dekat pada batas keausan yang diijinkan.

3.10.2 Pemeriksaan oleh pembeli

Ada tiga macam prosedur untuk pemeriksaan atas nama pembeli oleh seorang inspektur yang bukan pegawai pabrik pembuat yang bersangkutan:

- 1). Inspektur boleh memeriksa benda kerja dengan kaliber milik pabrik pembuat apabila ketelitian kaliber tersebut telah diperiksa.
- 2). Inspektur boleh menggunakan kalibernya sendiri yang dibuat sesuai dengan persyaratan atau standar yang berlaku. Dianjurkan agar kaliber lolos mempunyai ukuran dekat batas keausan untuk menghindari perbedaan hasil pemeriksaan antara pembuat dan inspektur.
- 3). Inspektur boleh menggunakan kalibernya sendiri untuk memeriksa benda kerja. Penempatan daerah toleransi untuk kaliber ini harus sedemikian rupa sehingga menjamin bahwa inspektur tidak akan menolak benda kerja yang ukurannya terletak di dalam batas-batas yang dispesifikasikan.

3.11 Pemberian tanda dan merek kaliber

Pemberian tanda dan merk kaliber dibatasi hanya untuk keterangan yang dianggap terpenting, asalkan ruang pada kaliber masih memungkinkan.

Keterangan yang dianjurkan adalah:

- 1). Ukuran nominal benda kerja dan simbol deviasi dan toleransi atau harga batas toleransi.
- 2). Cara untuk membedakan sisi lolos dan tidak lolos
Warna merah untuk sisi TIDAK LOLOS, dan juga untuk membedakan sisi LOLOS dan TIDAK LOLOS dengan bentuk muka ukur

yang berbeda.

- 3). Beban kerja bila diperlukan untuk kaliber celah (lihat butir 3.7.4).

Juga harus diberi tempat untuk keterangan-keterangan berikut: nama pabrik pembuat atau merk, tanda pembeli dan tanda-tanda khusus misalnya nomor seri, bengkel tempat kaliber tersebut digunakan dan lain-lain.

Dalam hal untuk kaliber sumbat dari jenis yang ujungnya dapat diganti, tanda harus terlihat baik pada pemegang maupun pada ujung yang dapat diganti tersebut.

4. ALAT PENGUKUR

4.1 Definisi yang berhubungan dengan pengukuran

- 4.1.1 Ukuran sebenarnya adalah ukuran suatu dimensi yang didapatkan dari pengukuran tanpa kesalahan.

Catatan:

Harga yang terdekat dari ukuran sebenarnya pada suatu posisi benda kerja adalah harga rata-rata dari sejumlah besar pengukuran dengan ketelitian yang paling tinggi dimungkinkan.

- 4.1.2 Kesalahan pengukuran adalah selisih aljabar antara hasil pengukuran dengan ukuran sebenarnya.

Catatan:

Kesalahan pengukuran mungkin disebabkan terutama oleh alat ukur, metoda pengukuran, operator atau kondisi sekelilingnya.

Kesalahan pengukuran dapat dibagi menjadi kesalahan sistematis dan kesalahan acak, yang dijelaskan sebagai berikut :

- 1). Kesalahan sistematis besarnya tetap sama dalam suatu seri pengukuran dan secara teoritis dapat dihilangkan dengan koreksi hasil pengukuran tersebut.
- 2). Sebaliknya, variasi kesalahan acak besarnya tidak menentu dan tidak dapat dihilangkan. Ketidakpastian hasil pengukuran dalam suatu seri pengukuran ditunjukkan oleh

standar deviasi dari penyebaran kesalahan ini, seperti didefinisikan di bawah.

- 4.1.3 Kesalahan sistematis adalah selisih aljabar antara harga-harga hasil pengukuran dengan ukuran sebenarnya. Harga rata-rata ini diperoleh dari suatu seri pengukuran suatu dimensi, pada suatu posisi benda kerja dalam kondisi pengukuran yang sama.
- 4.1.4 Kesalahan acak adalah selisih aljabar antara hasil suatu pengukuran tertentu dengan harga rata-rata hasil pengukuran. Harga rata-rata ini diperoleh dari suatu seri pengukuran yang dilakukan terhadap suatu posisi benda kerja dalam kondisi pengukuran yang sama.
- 4.1.5 Harga rata-rata adalah harga rata-rata aritmatik (\bar{x}) dari sejumlah pengukuran tertentu (n) dari harga-harga (x_1, x_2, \dots, x_n).
- 4.1.6 Deviasi standar adalah suatu harga yang menggambarkan ketidakpastiaan pengukuran akibat penyebaran kesalahan acak dan dihitung sebagai akibat penyebaran kesalahan acak. Penghitungannya sebagai akar hasil bagi dari jumlah kuadrat selisih hasil tiap pengukuran (x_i) dengan rata-rata pengukuran (\bar{x}) dibagi banyaknya pengukuran dikurangi satu :

$$s: \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

4.2 Jenis alat ukur

Berdasarkan cara pelaksanaan pengukuran alat ukur dapat dibedakan dalam dua jenis yaitu:

- Alat ukur berskala. Contoh: jangka sorong
- Alat ukur pembanding. Contoh: kaliber

4.3 Ketidakpastian pengukuran alat ukur

Setiap alat ukur memiliki sifat kesalahannya sendiri, yang tidak tergantung pada bagian yang diukur dan kondisi pengukuran. Sifat kesalahan ini dapat dibedakan atas dua jenis kesalahan yakni kesalahan sistematis yang dapat diimbangi dengan suatu koreksi, dan kesalahan acak yang mengakibatkan penyebaran kesalahan. Kesalahan acak adalah kesalahan yang tidak beraturan yang harganya tidak dapat diperkirakan dari suatu pembacaan tetapi dapat diperkirakan harganya dari sejumlah pembacaan yang berturut-turut. Distribusi frekuensi dari pembacaan yang berturut-turut tersebut mendekati distribusi normal, untuk ini sudah tersedia tabel standar guna menentukan persentasi pembacaan dalam batas-batas tertentu yang terletak pada kedua sisi pembacaan rata-rata (lihat Gambar-10).

Akan tetapi di dalam pabrik tidak praktis untuk melakukan koreksi guna menekan kesalahan sistematis pada setiap posisi (walaupun kurva derajat kesalahan telah dilukiskan untuk setiap posisi dari landasan ukur), dan tidak praktis pula untuk mengadakan sejumlah pembacaan agar didapat bacaan rata-rata guna menekan kesalahan acak.

Karena itu, sebaiknya setiap pembacaan dianggap benar di dalam batas kesalahan yang juga diyakini konstan untuk seluruh jangkauan alat ukur.

Dapat dianggap bahwa untuk sejumlah besar pengukuran, maka kesalahan sistematis akibat dari suatu elemen dasar alat ukur mempunyai probabilitas yang sama untuk menjadi positif atau negatif. Oleh karena itu kesalahan sistematis ini boleh dianggap sebagai kesalahan acak.

Kesalahan acak tersebut di atas bersama-sama dengan kesalahan acak yang sebenarnya mengakibatkan pembesaran kurva distribusi yang menggambarkan sifat kesalahan dari alat ukur itu sendiri. Batas kesalahan yang bersangkutan yaitu ketidakpastian pengukuran dari satu perancangan alat ukur, dapat dinyatakan dalam bentuk kurva standar deviasi yang besarnya sama dengan $\pm 2s$;

untuk distribusi normal 95,45% dari pembacaan tidak akan menyimpang lebih besar dari dua kali deviasi standar (s) dari ukuran rata-rata (harga sebenarnya).

Untuk mendapatkan harga yang wajar dari ketidakpastian pengukuran dari satu perancangan alat ukur, perlu menguji sejumlah alat ukur (biasanya di laboratorium) harga yang dihasilkan dengan cara menunjukkan sifat ketidakpastian pengukuran.

Dianjurkan agar pembuat menspesifikasikan ketidakpastian pengukuran sebesar $\pm 2s$ pada petunjuk atau spesifikasi penggunaan alat ukur yang baru dikirim dan dinyatakan apakah pada bagian kepala atau pada seluruh perangkat alat ukur.

4.4 Ketidakpastian pengukuran total

Untuk penerapan di pabrik, harga ketidakpastian pengukuran dari alat ukur itu sendiri harus dikalikan dengan koefisien w . Koefisien w digunakan untuk mengambil alih kesalahan sistematis dan acak yang lain, yang disebabkan oleh kondisi lingkungan pabrik, perawatan alat ukur yang kurang baik, pengalaman dan kemampuan operator. Dengan demikian, deviasi standar $S_m = ws$, harga S_m adalah ketidakpastian pengukuran total.

Sebagai patokan boleh dipilih $w = 2$ untuk kondisi yang lebih jelek, harga w dipilih lebih besar dari 2, sedangkan untuk kondisi yang sangat baik (misalnya dalam ruangan yang temperturnya dikontrol konstan) dipilih harga w lebih kecil dari 2.

4.5 Batas pemeriksaan

Sebagai akibat dari ketidakpastian pengukuran, apabila dimensi benda kerja sangat mendekati batas toleransinya, maka pemakai alat ukur menghadapi resiko untuk menerima benda kerja yang berukuran di luar batas toleransinya atau menolak benda kerja yang masih di dalam batas toleransinya.

Untuk memperkecil resiko ini seminimum mungkin, batas pemeriksaan harus berada di dalam batas spesifik S_m yang konvensional, yang sama besar dengan deviasi standar hasil pengukuran

(lihat Gambar-11).

Dengan demikian agar tidak memperkecil daerah toleransi benda kerja yang dibuat, maka harus dipilih alat ukur yang mempunyai harga S_m yang bersesuaian, tidak lebih besar dari harga maksimum S_m untuk setiap diameter dan toleransi dari bagian benda kerja.

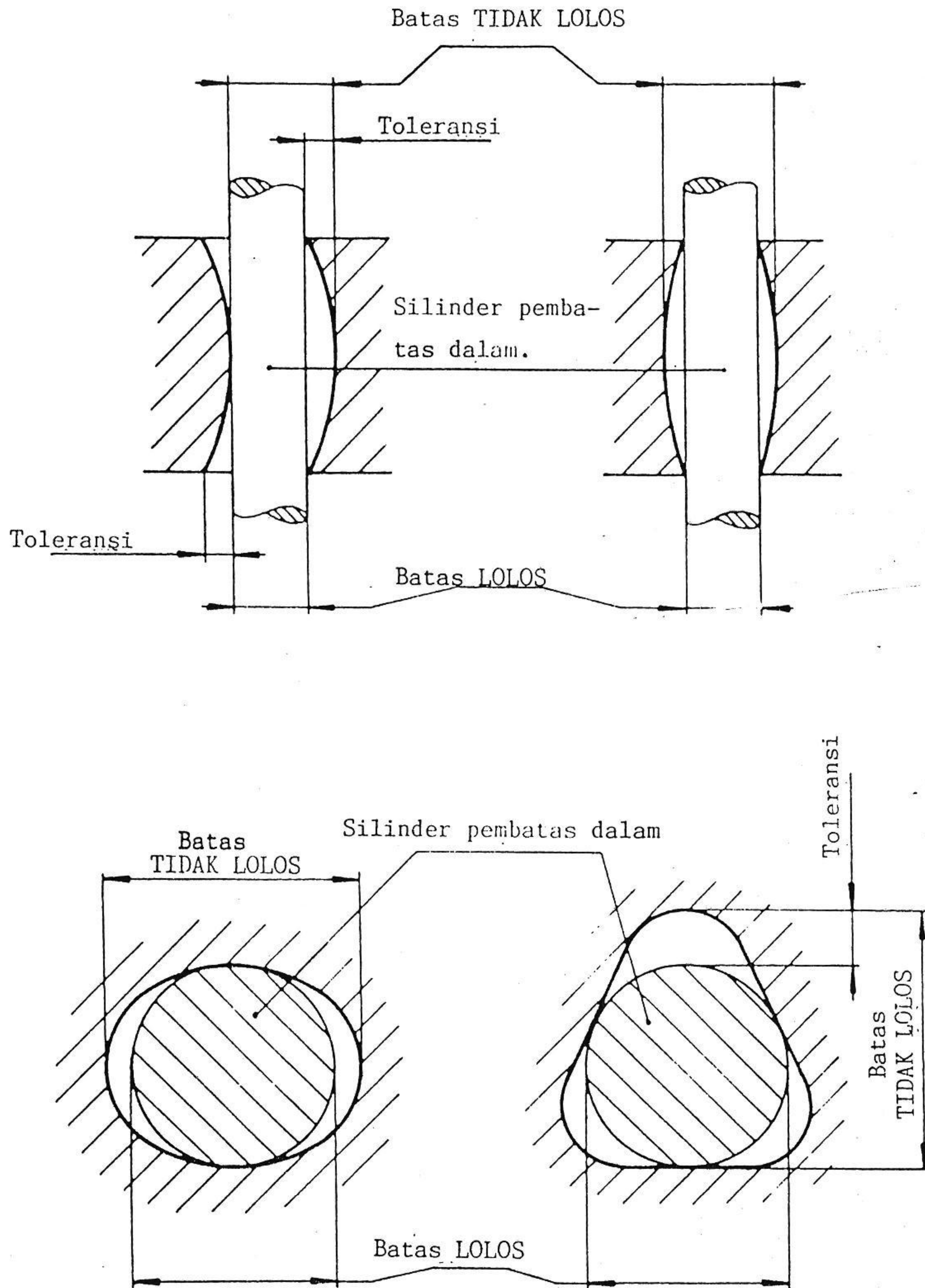
Harga s_m yang telah distandarkan, diberikan sebagai pedoman pada Tabel III dan IV untuk setiap tingkat dan jangkauan diameter.

4.6 Pengaruh kesalahan bentuk

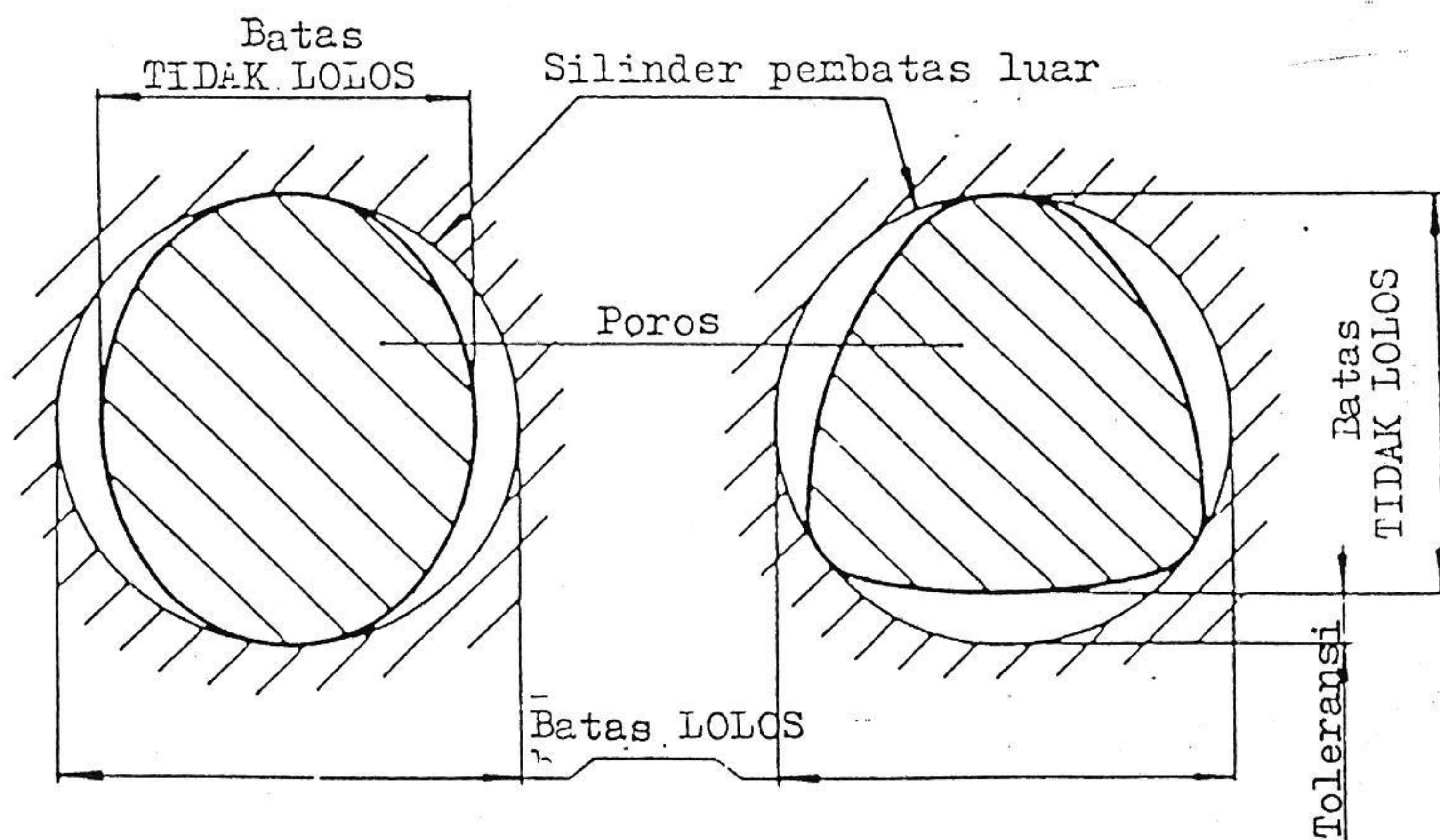
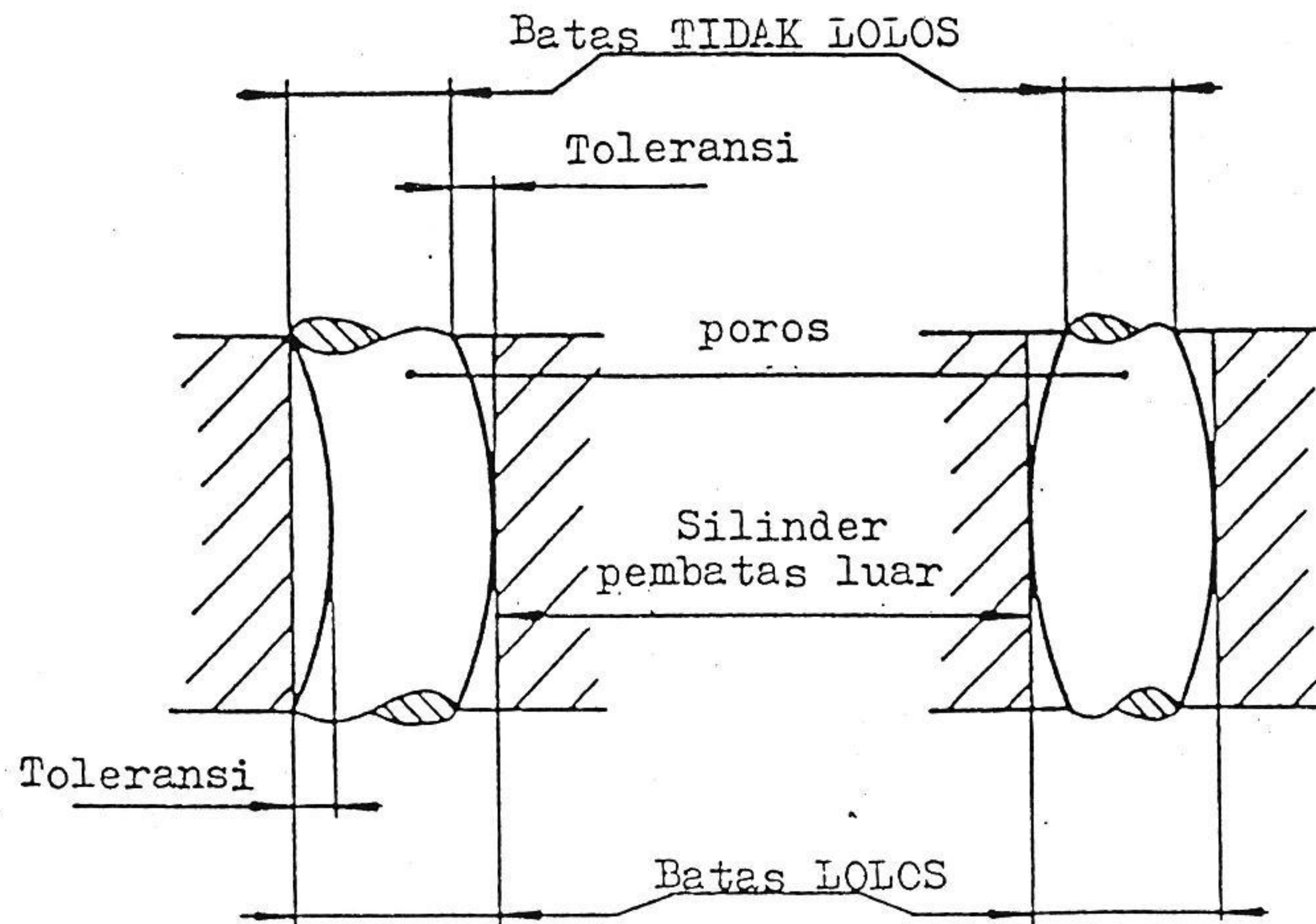
Bila jenis alat ukur yang biasa dipakai mempunyai dua buah landasan yang berlawanan secara diameterikal, maka harus diingat bahwa metoda pemeriksaan ini memenuhi prinsip Taylor hanya untuk batas minimal material (bagian tidak lolos benda kerja).

Pemeriksaan pada beberapa posisi benda kerja yang dianggap mempunyai kesalahan bentuk harus dilakukan untuk menentukan batas minimum material.

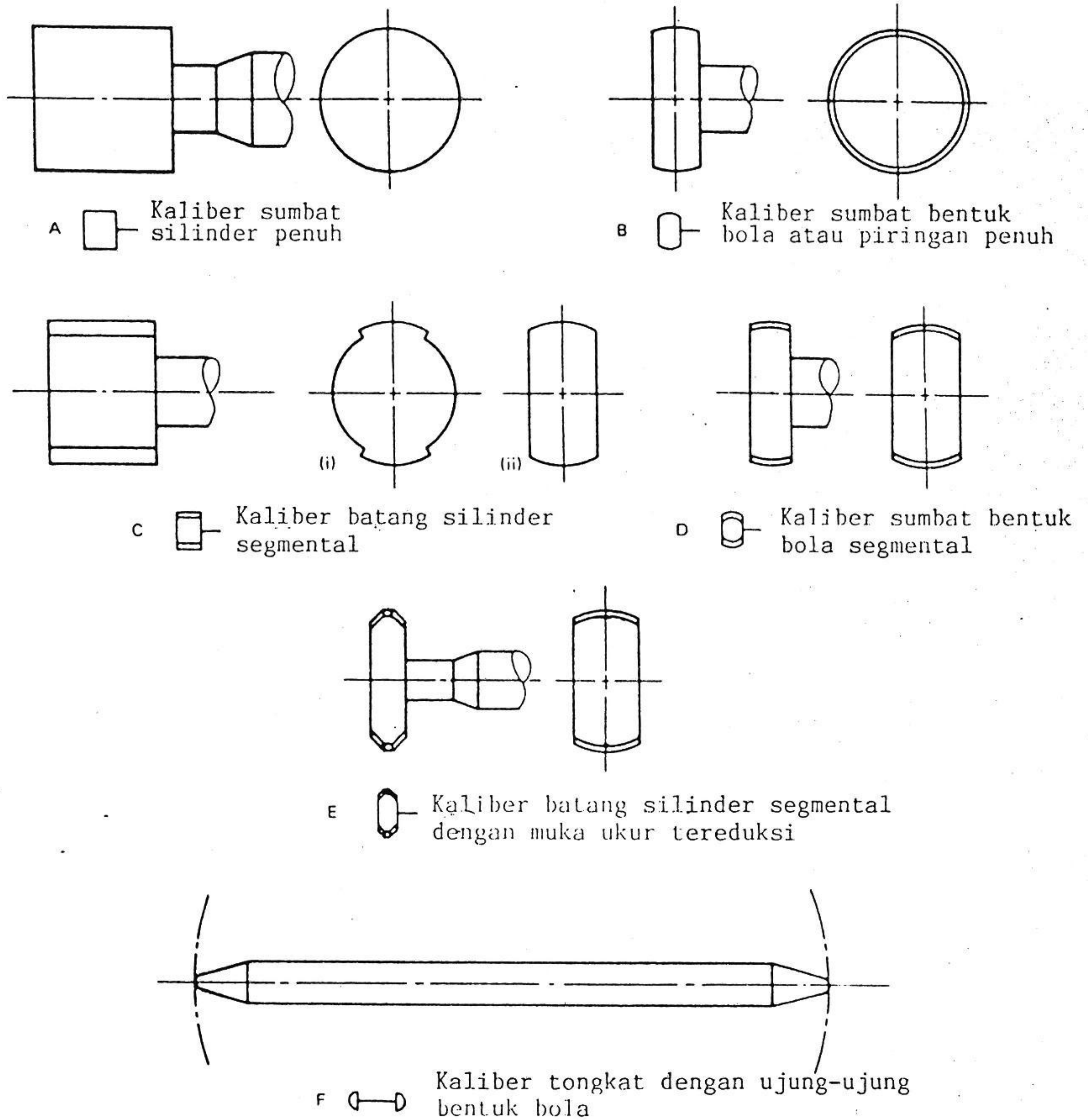
Sebaliknya pada batas material (bagian lolos benda kerja) dua titik pengukuran walaupun beberapa posisi yang berurutan tidak menjamin kesempurnaan bentuk benda kerja (terutama pada bagian cembung). Kondisi ini hanya menyatakan bahwa tidak ada titik pada permukaan benda kerja yang berada di luar silinder batas yang dispesifikasikan menurut prinsip Taylor.



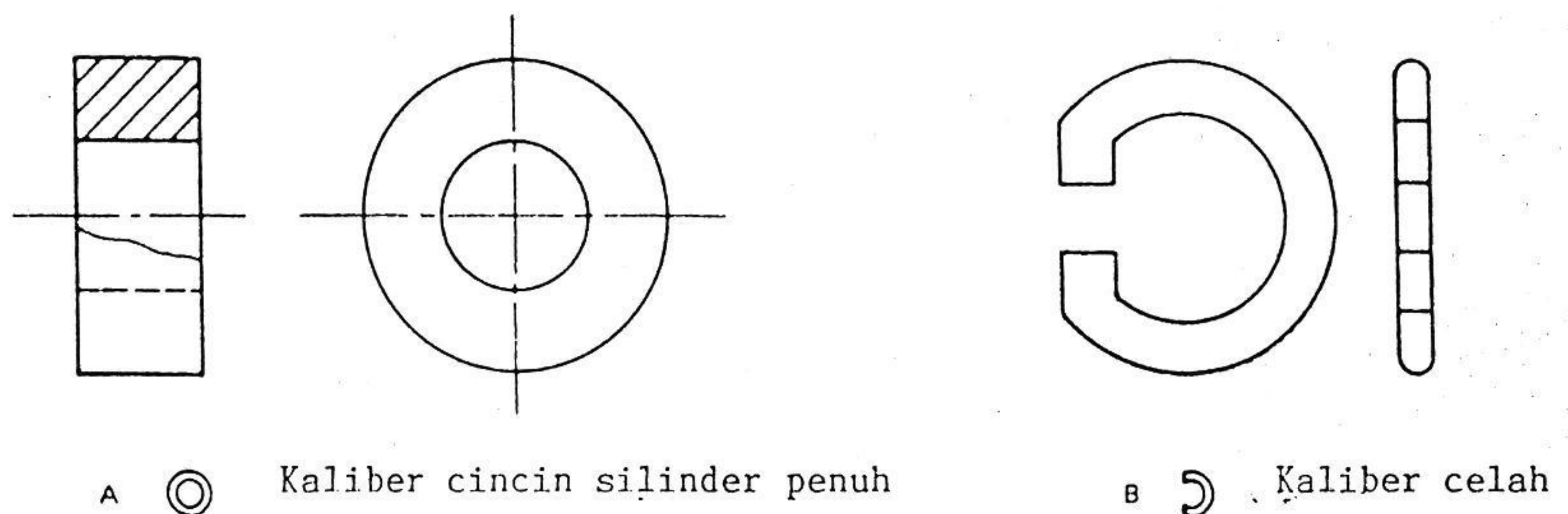
Gambar 1
Kesalahan bentuk ekstrim dari lubang yang diijinka
oleh pengertian batas ukur yang direkomendasikan.



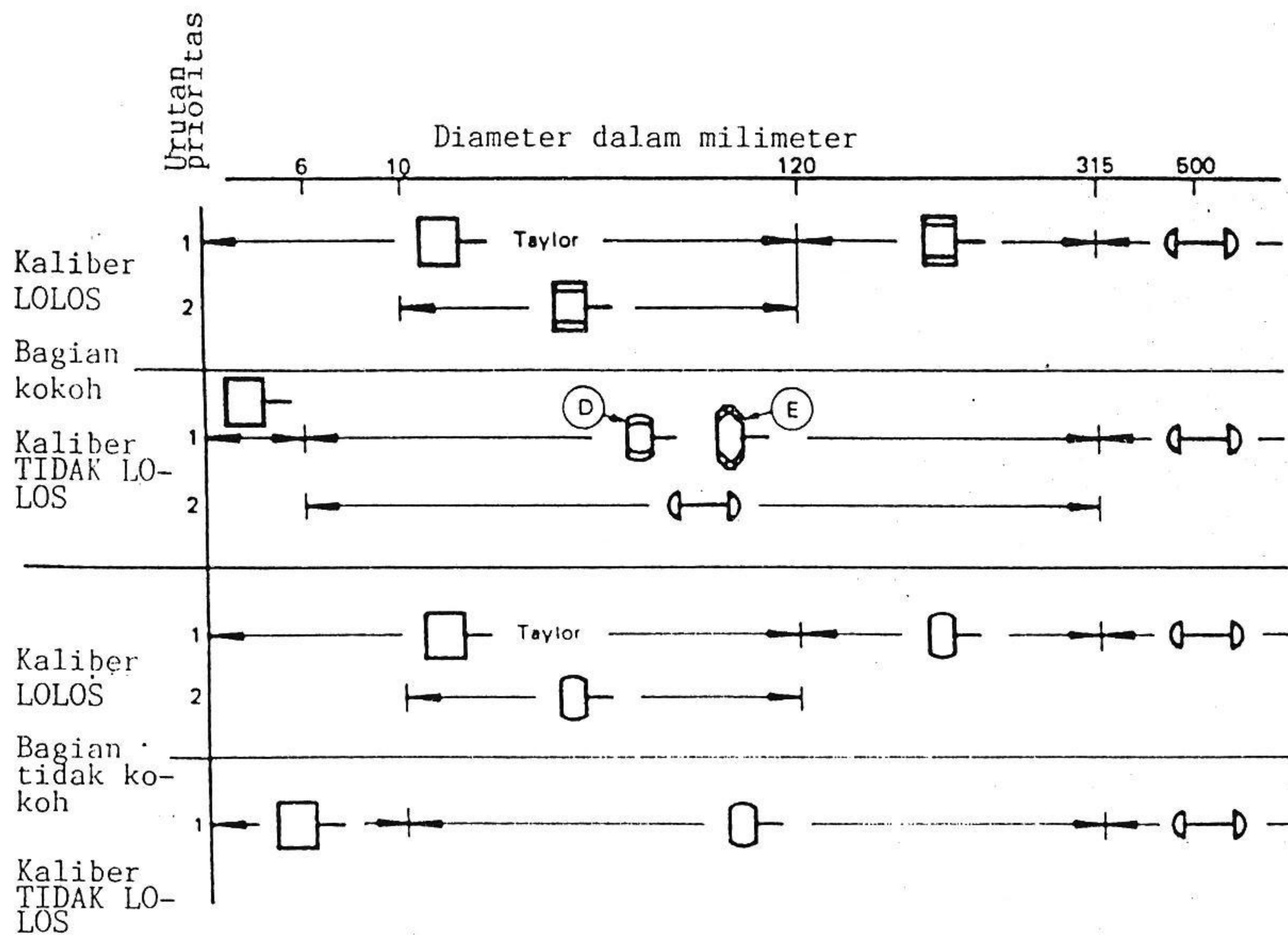
Gambar 2
Kesalahan bentuk ekstrim dari poros yang diijinkan
oleh pengertian batas ukur yang direkomendasikan



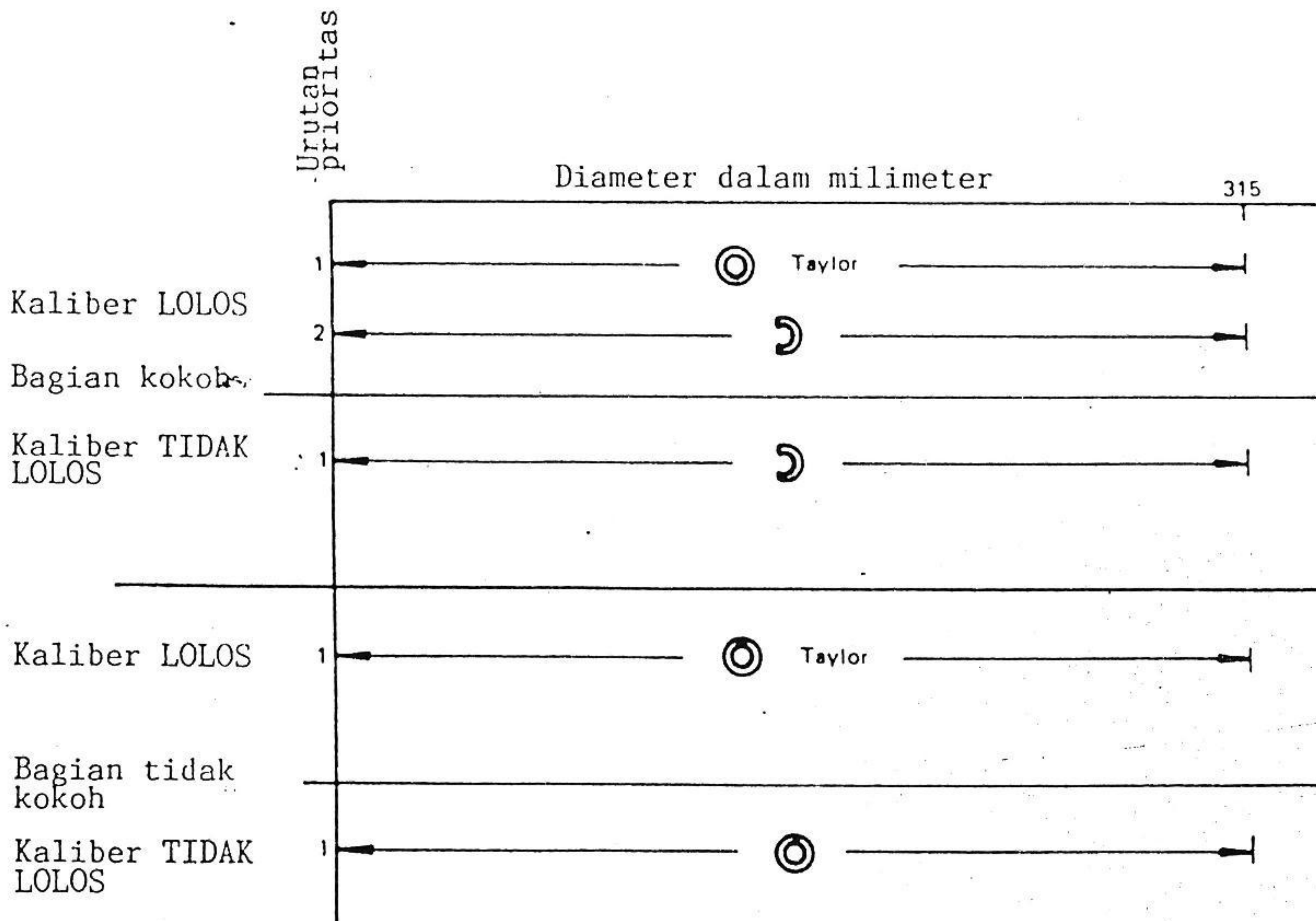
Gambar 3
Jenis-jenis kaliber yang dianjurkan untuk lubang dengan lambangnya untuk Gambar 5



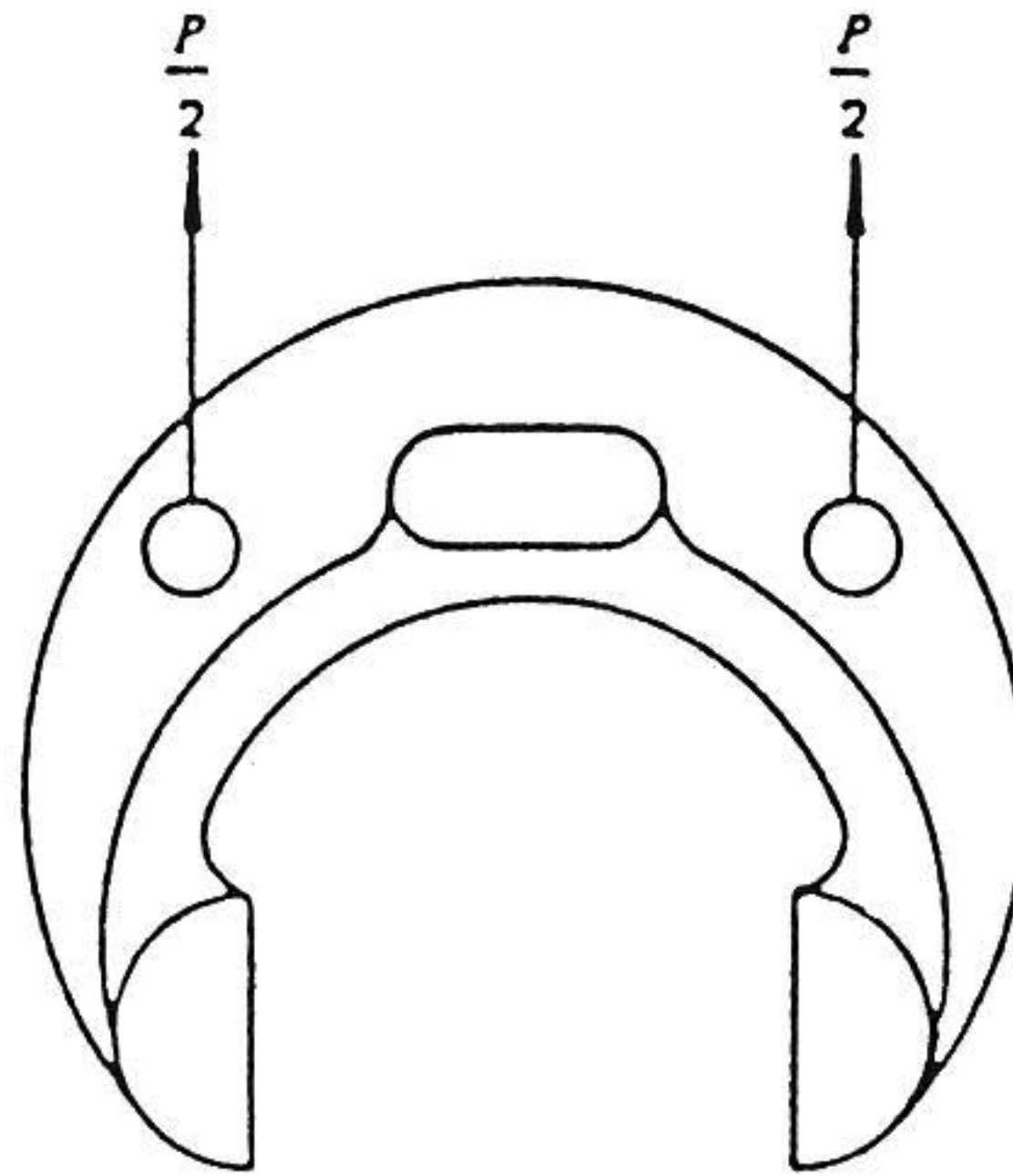
Gambar 4
Jenis-jenis kaliber dan lambangnya yang dianjurkan untuk poros pada Gambar 6



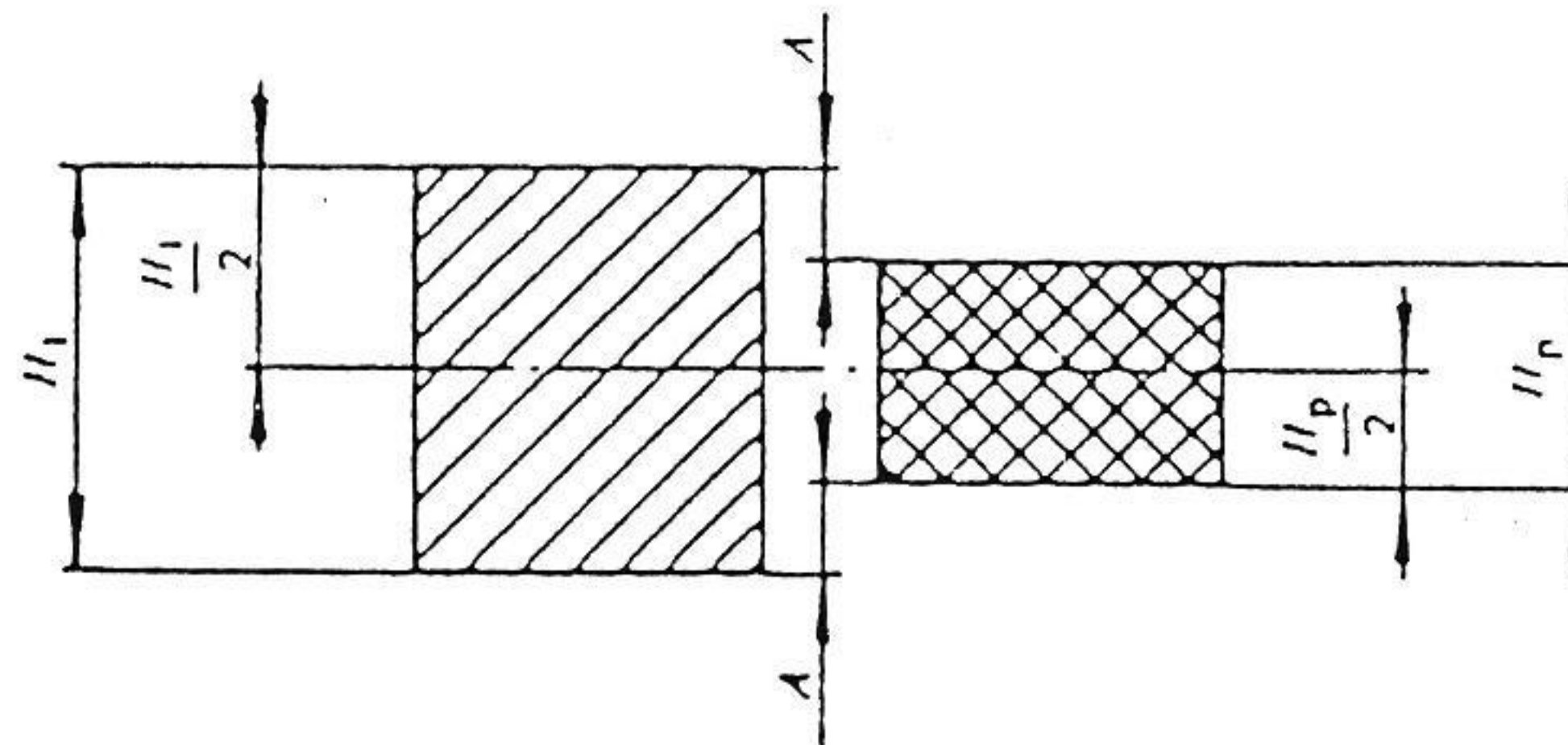
Gambar 5
Jenis-jenis kaliber yang dipakai untuk pemeriksaan lubang
(disusun berdasarkan urutan prioritas)



Gambar 6
Jenis-jenis kaliber yang dipakai untuk pemeriksaan poros
(disusun berdasarkan urutan prioritas)



Gambar 7
Letak titik-titik dan gaya-gaya pengimbang
berat kaliber harus bekerja

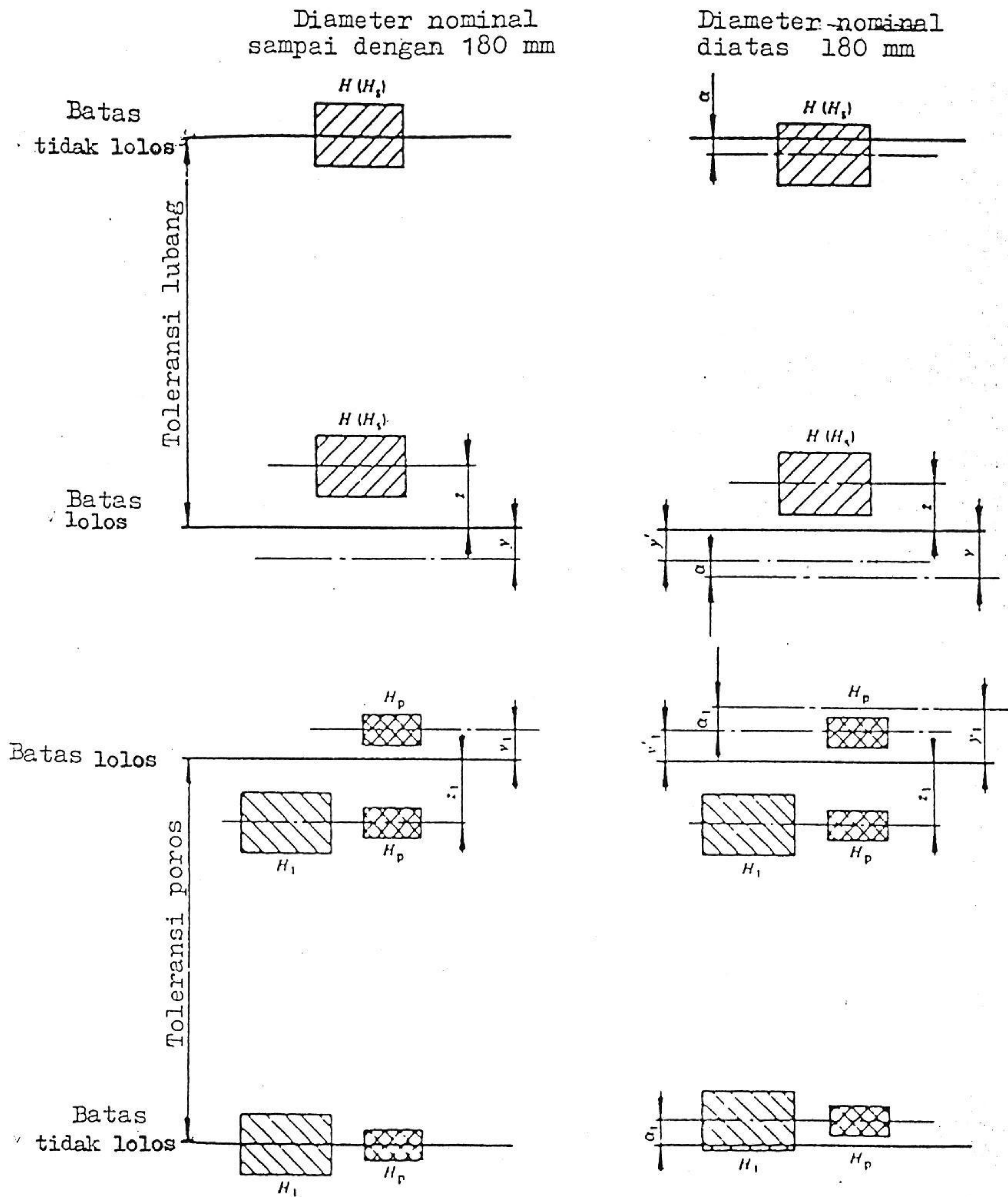


H_1 = Toleransi pembuatan dari kaliber celah

H_p = toleransi pembuatan dari piringan referensi

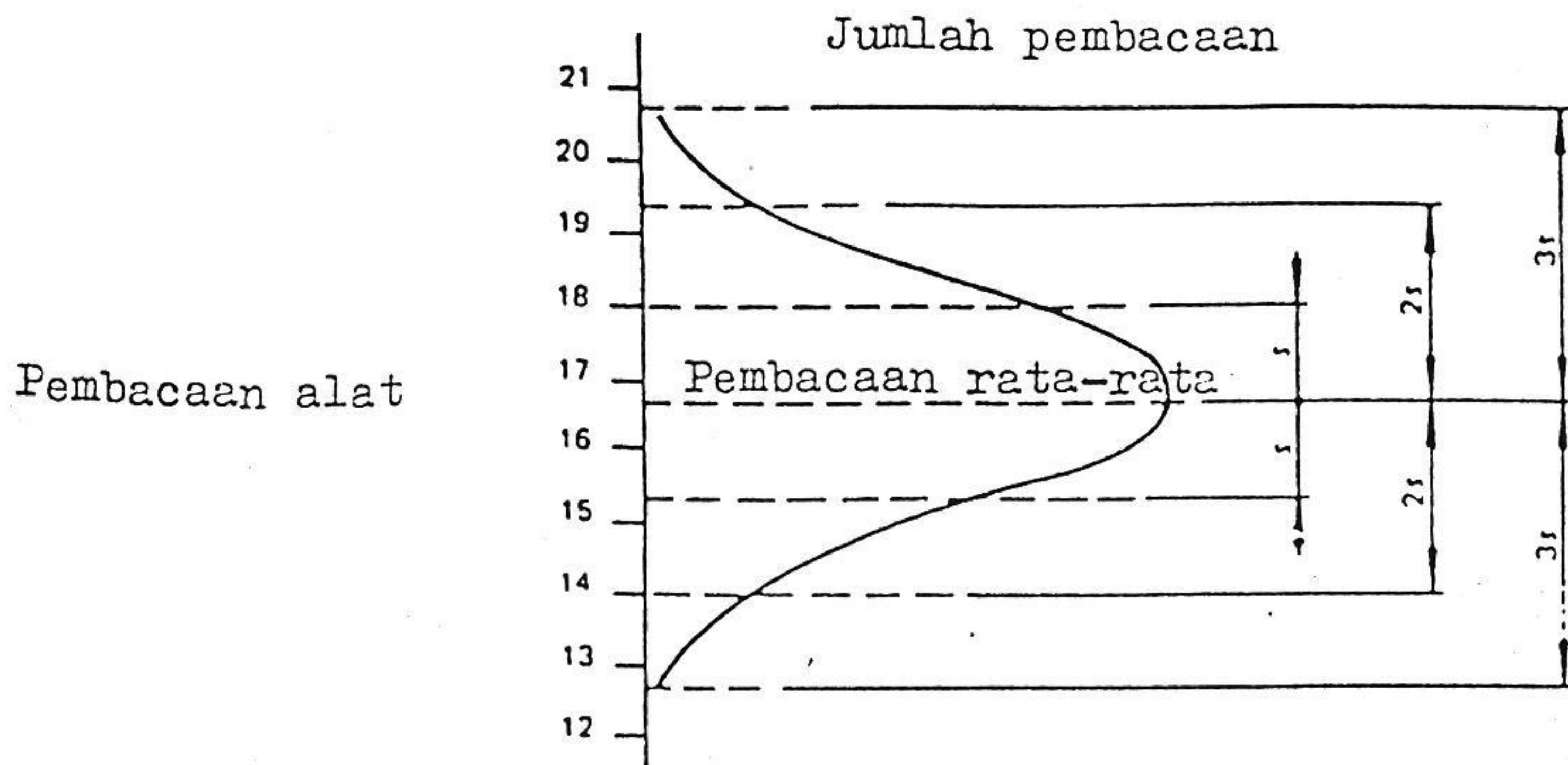
A = daerah aman

Gambar 8
Hubungan antara toleransi pembuatan untuk
kaliber celah dan piringan referensi



Gambar 9
Daerah toleransi kaliber batas dan piringan referensi

Catatan : y dan y_1 hanya ada untuk tingkat 6, 7, dan 8 untuk diameter sampai dengan 500 mm. Dalam hal lainnya, $y = y_1 = 0$ dan y' dan y'_1 tidak boleh dipakai.



\bar{x} = pembacaan rata-rata

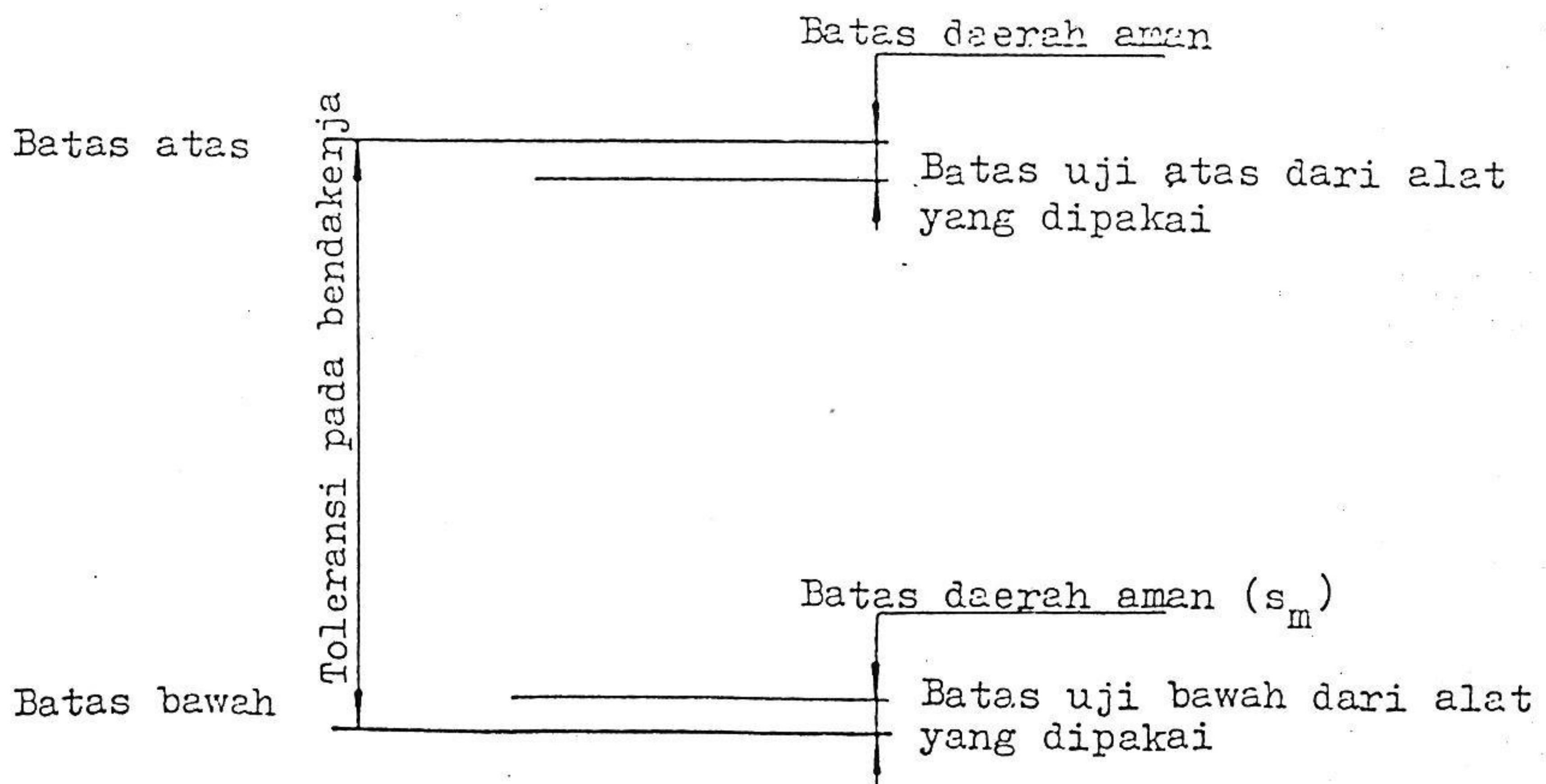
s = standar deviasi

68,27 % pembacaan terdapat diantara batas $\bar{x} \pm s$

95,45 % pembacaan terdapat diantara batas $\bar{x} \pm 2s$

99,73 % pembacaan terdapat diantara batas $\bar{x} \pm 3s$

Gambar 10
Lengkungan distribusi normal pembacaan alat



Gambar 11
Hubungan antara "batas uji" dan "batas ukur"

TABEL I

Toleransi pembuatan untuk kaliber

Jenis kaliber	tingkat toleransi kaliber untuk derajat toleransi benda kerja									
	6		7		8 sampai 10		11 dan 12		13 sampai 16	
	Ukuran (IT)	Bentuk (IT)	Ukuran (IT)	Bentuk (IT)	Ukuran (IT)	Bentuk (IT)	Ukuran (IT)	Bentuk (IT)	Ukuran (IT)	Bentuk (IT)
Kaliber sumbat silindris	2	1	3	2	3	2	5	4	7	5
Kaliber batang silindris	2	1	3	2	3	2	5	4	7	5
Kaliber sumbat bentuk bola atau piringan	2	1	2	1	2	1	4	3	6	5
Kaliber batang dengan ujung bentuk bola	2	1	2	1	2	1	4	3	6	5
Kaliber cincin silindris	3	2	3	2	4	3	5	4	7	5
Kaliber celah	3	2	3	2	4	3	5	4	7	5
Piringan referensi untuk kaliber celah	1	1	1	1	2	1	2	1	3	2
Silinder referensi untuk penyetelan kaliber sumbat	1	1	1	1	2	1	2	1	3	2
Silinder referensi untuk penyetelan kaliber cincin	1	1	1	1	2	1	2	1	3	2

T A B E L II

Lokasi toleransi kaliber dan batas keausan kaliber maksimal yang diijinkan dalam hubungannya dengan batas nominal benda kerja untuk derajat 6 sampai 16 (untuk $D \leq 500$ mm).
 Harga dalam milimeter

D	Lokasi toleransi dan batas keausan kaliber maksimal yang dianjurkan untuk tingkat toleransi benda kerja:																																																				
	0						1						2						3						4						5						6°						7°						8°				
mm	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	z	y	y'	α	z ₁	y ₁	y' ₁	α	IT 7	z	y	y'	α	IT 8	z	y	y'	α	IT 9	z	y	y'	α																							
< 3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	1	1	-	-	1,5	1,5	-	-	10	1,5	1,5	-	-	14	2	3	-	-	18	3	3	-	-																							
> 3 - 6	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	1,5	1	-	-	2	1,5	-	-	12	2	1,5	-	-	18	3	3	-	-	22	3	3	-	-																							
> 6 - 10	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	1,5	1	-	-	2	1,5	-	-	15	2	1,5	-	-	22	3	3	-	-	27	4	4	-	-																							
> 10 - 18	0,8	1,2	2	3	5	8	11	2	1,5	-	-	2,5	2	-	-	18	2,5	2	-	-	27	4	4	-	-	33	5	4	-	-																							
> 18 - 30	1	1,5	2,5	4	6	9	13	2	1,5	-	-	3	3	-	-	21	3	3	-	-	33	5	4	-	-	39	6	5	-	-																							
> 30 - 50	1	1,5	2,5	4	7	11	16	2,5	2	-	-	3,5	3	-	-	25	3,5	3	-	-	39	6	5	-	-	46	7	5	-	-																							
> 50 - 80	1,2	2	3	5	8	13	19	2,5	2	-	-	4	3	-	-	30	4	3	-	-	46	7	5	-	-	54	8	6	-	-																							
> 80 - 120	1,5	2,5	4	6	10	15	22	3	3	-	-	5	4	-	-	35	5	4	-	-	54	8	6	-	-	63	9	6	-	-																							
> 120 - 180	2	3,5	5	8	12	18	25	4	3	-	-	6	4	-	-	40	6	4	-	-	63	9	6	-	-	72	12	7	3	4																							
> 180 - 250	3	4,5	7	10	14	20	29	5	4	2	2	7	5	3	3	46	7	6	3	3	72	12	7	3	4	81	14	9	3	6																							
> 250 - 315	4	6	8	12	16	23	32	6	5	2	3	8	6	3	4	52	8	7	3	4	81	14	9	3	6	89	16	9	2	7																							
> 315 - 400	5	7	9	13	18	25	36	7	6	2	4	10	6	2	6	57	10	8	2	6	89	16	9	2	7	97	18	11	2	9																							
> 400 - 500	6	8	10	15	20	27	40	8	7	2	5	11	7	2	7	63	11	9	2	7	97	18	11	2	9																												

* Untuk tingkat N6, N7, dan N8 harga y dan y', y₁ dan y'₁ = 0

Harga dalam mikrometer

D	Lokasi toleransi dan batas keausan kaliber maksimum yang diijinkan untuk tingkat toleransi benda kerja																			
	10					11					12									
mm	IT 9	z	y	y'	α	IT 10	z	y	y'	α	IT 11	z	y	y'	α	IT 12	z	y	y'	α
< 3	25	5	0			40	5	0			60	10	0			100	10	0		
> 3 - 6	30	6	0			48	6	0			75	12	0			120	12	0		
> 6 - 10	36	7	0			58	7	0			90	14	0			150	14	0		
> 10 - 18	43	8	0			70	8	0			110	16	0			180	16	0		
> 18 - 30	52	9	0			84	9	0			130	19	0			210	19	0		
> 30 - 50	62	11	0			100	11	0			160	22	0			250	22	0		
> 50 - 80	74	13	0			120	13	0			190	25	0			300	25	0		
> 80 - 120	87	15	0			140	15	0			220	28	0			350	28	0		
> 120 - 180	100	18	0			160	18	0			250	32	0			400	32	0		
> 180 - 250	115	21	0	4	4	185	24	0	7	7	290	40	0	10	10	460	45	0	15	15
> 250 - 315	130	24	0	6	6	210	27	0	9	9	320	45	0	15	15	520	50	0	20	20
> 315 - 400	140	28	0	7	7	230	32	0	11	11	360	50	0	15	15	570	65	0	30	30
> 400 - 500	155	32	0	9	9	250	37	0	14	14	400	55	0	20	20	630	70	0	35	35

Harga dalam mikrometer

D	Lokasi toleransi dan batas keausan kaliber yang diijinkan untuk tingkat toleransi benda kerja																			
	13					14*					15*					16*				
mm	IT 13	z	y	y'	α	IT 14	z	y	y'	α	IT 15	z	y	y'	α	IT 16	z	y	y'	α
< 3	140	20	0			250	20	0			400	40	0			600	40	0		
> 3 - 6	180	24	0			300	24	0			480	48	0			750	48	0		
> 6 - 10	220	28	0			360	28	0			580	56	0			900	56	0		
> 10 - 18	270	32	0			430	32	0			700	64	0			1100	64	0		
> 18 - 30	330	36	0			520	36	0			840	72	0			1300	72	0		
> 30 - 50	390	42	0			620	42	0			1000	80	0			1600	80	0		
> 50 - 80	460	48	0			740	48	0			1200	90	0			1900	90	0		
> 80 - 120	540	54	0			870	54	0			1400	100	0			2200	100	0		
> 120 - 180	630	60	0			1000	60	0			1600	110	0			2500	110	0		
> 180 - 250	720	80	0	25	25	1150	100	0	45	45	1850	170	0	70	70	2900	210	0	110	110
> 250 - 315	810	90	0	35	35	1300	110	0	55	55	2100	190	0	90	90	3200	240	0	140	140
> 315 - 400	890	100	0	45	45	1400	125	0	70	70	2300	210	0	110	110	3600	280	0	180	180
> 400 - 500	970	110	0	55	55	1550	145	0	90	90	2500	240	0	140	140	4000	320	0	220	220

* Tingkat 14 sampai 16 tidak berlaku untuk diameter sampai dengan 1 mm.

